

第13回革新的研究開発推進プログラム有識者会議 議事概要

- 日 時 平成27年11月12日（木） 9：30～10：30
- 場 所 中央合同庁舎 8号館 6階623会議室
- 出席者 久間議員、原山議員、小谷議員、橋本議員、平野議員、大西議員
- 事務局 森本統括官、中西審議官、中川審議官、松本審議官、
真先参事官、福嶋参事官
J S T（小林室長）
- P M 宮田PM、山本PM

○ 議事概要

午前9時30分 開会

○久間議員 おはようございます。ただいまから第13回革新的研究開発推進プログラムの有識者会議を開催させていただきます。

本日は公開で行います。

内山田議員、中西議員が御欠席で、橋本議員が少し遅れるということです。

本日の議題は、研究開発プログラムの進捗状況について、研究開発プログラムの進捗管理について、及び革新的新技術研究開発基金の管理状況についてです。

議題1、プログラムの進捗状況については公開で、PM及び事務局より報告してもらいます。

議題2、議題3は非公開で行います。研究開発プログラムの進捗管理については事務局より説明を、基金の報告についてはJ S Tより報告をしてもらいます。よろしいでしょうか。

（異議なし）

それでは、PMによるプレゼンです。I m P A C Tの研究開発プログラムについては、革新的研究開発推進プログラム運用基本方針に基づき、概ね半年ごとにPMから有識者会議で進捗状況について報告することになっております。本日はPMとして宮田PMと山本PMの2名より研究開発プログラムの進捗状況について報告してもらいます。説明時間10分、その後の質疑応答5分の合計15分で、時間厳守でお願いします。説明は全体の概要をできるだけ簡潔に話していただいて、進捗状況を中心にお願いします。

それでは、宮田PM、お願いします。

○宮田PM 「進化を超える極微量物質の超迅速多項目センシングシステム」のプログラムをマネジメントしております。宮田でございます。よろしくお願いいたします。

前段は今言いましたように簡単に触れますが、これはもうお見せしているのです、詳しく御説明しませんが、この後に I n S E C T システムという名前が出てきますので、これは何を指すかと申しますと、超高性能なデバイスをインテグレートしたこのようなシステムを示します。この後そのように使っていきますので、御認識いただけますと幸いです。

次、お願いします。

実際、ターゲットとプロジェクト概要ですが、ターゲットは、このように10 μ から0.1nの範囲のごく微量物質を検出するというので、PM2.5、それから細菌・ウイルス、それから有害低分子と、三つのプロジェクトに分けております。それぞれの課題と目標はここに示したとおりでございます。

次、お願いします。

そして、研究開発プログラムの全体構成ですけれども、共通のセンシングフローとして、まずサンプリングをしまして、捕捉・分離・濃縮、それから検出、イオン電流での信号変換ということで、パターン認識を使って解析し、定性計量していくという共通のセンシングフローがございます。ただ、共通といたしましても、出口の測るものによってそれぞれの作り込みが違いますので、Project 1は阪大の川合先生、Project 2は馬場先生、Project 3は都甲先生ということで、プロジェクトリーダーをしていただいております。このような横串のリーダーはそうなんですけれども、そこにコンテンツをどうやって取り込んでいくかという、この縦串の要素技術の課題をここに示しますように、サンプリングで2番、捕捉・分離・濃縮、そして3番の分子認識材料開発、そして4番の検出デバイス、そして5番のパターン認識ということがあります。それぞれの分子に適した要素技術を取り込んでいきますので、縦横のマトリックスとなり、マネジメント上、非常に気を使うところがございます。そして、実際問題、このような要素技術についてはPM及びPM補佐が直接この進捗を把握してございまして、随時、PL間、及びこのプロジェクトに取り組むべき課題がありますと、PLにフィードバックしているということもしております。

次、お願いします。

続きまして、プログラム・マネジメントについて少しお話しします。この I n S E C T デバイスの実用化のためには、コスト低減、量産化はもちろんのことでございますが、えて

してアカデミアに初めからその意識が低いということがございます。ということで、初めから企業とアカデミアが基本設計の段階から密に連絡し合うのが理想的でございます。そのために、実際には全体会議をここ5回ほど、プレも含めて5回ほどやっておりますけれども、それを軸に回していくということを基本にしております。全体会議ではPL及び研究責任者がPDCA、初めに作りました工程表に基づいて、PDを報告いただき、それからディスカッションの時間を相当とって、全員参加的に一応、軌道修正とか課題を抽出する。さらに、PM、PM補佐でその課題をしっかりとブレイクダウンしまして、現地、現場に赴きまして個別会議に参加し、そしてそこで課題をどういうふうに解決するかとか、その後の進捗などをこの3カ月の間にほぼ満遍なく回るようにしております。このように一応まだ進行途中ではありますけれども、密な、きめ細やかな管理をしていこうと今後も思っております。

次、お願いします。

ここからが実際、研究開発のロードマップと進捗状況ですけれども、このロードマップは非常に大まかなものを書いてありますけれども、基本的には、今年度末までには基本コンセプトを実証しまして、それから、あと2年で機能性向上をして、統合の施策をしていくという段取りになっております。特に、Project 1と2に関係します物理的計測、数と形状を測るということですが、それにつきましては、今年度末までにプロトタイプを作ったものに実サンプルを流すというようなことで、独自の実証を進めております。さらに、有害低分子につきましては、分子認識材料の探索がポイントでございますので、そこを中心に動作原理も検証していくということで、プロトタイプは来年度の真ん中に作るということになっております。

それでは、進捗状況ですけれども、各プロジェクトにおいては、計測対象の特性、用途に応じたINSECTデバイスの基本構造を設計しておりますので、ここに示す順番で進捗を御報告させていただきます。

Project 1の細菌・ウイルスですけれども、今年度末に実サンプルでプロトタイプデバイスによるこの一連動作を実証するという目標ですが、実際、これは上から見た図ですけれども、プロトタイプデバイスを既に作製しております。これを断面的に示しますと、マイクロポアとマイクロ流路で物を捕捉して、上下に電極を流して、ここでマイクロポアセンサで検出するというものです。実際、サンプリングにおいては標準物質を2種類ですけれ

ども流しまして、捕捉電気泳動して検出した結果、パターン認識での結果も、誤差が3.5%ではありますけれども、計測できているということを確認したところでございます。

次、お願いします。

さらに、今のものは数の計測ですけれども、次に細菌の形状測定ということで、まずは理論的に大腸菌をモデルに、一応このような近似モデルでこのように理論値を出してみても、それから本当の大腸菌を流しまして、実サンプルを流しましたところ、一応このように推定値と同じようなカーブを示すことが分かりました。それから、これは特許の関係上、ちょっと非常にシンプルな図になっておりますけれども、そのポアに細菌AとBでかなり属としてかけ離れてはおりますけれども、それを流しまして、パターン認識で解析し、その要素抽出をして、駆使してやりましたところ、細菌AとBの種類が識別できて、個数分布を推定することができております。まだ誤差は4から12ですけれども、機械学習により今後ブラッシュアップしていくという、そういうことで今、鋭意検討して、見通しも得ております。

次、お願いします。

実際、PM2.5においては、今、重さだけで測っているという現状がありますけれども、やはり数と分布が健康に害するというところで、それをしっかりこのプロジェクトでは目標に掲げております。ということで、実際ピラーをこのように斜めに立てますと、流体の流れが横にはじかれていくという原理を使いまして、このように実際ピラーを立てたもので流したところ、このOutlet 4にはPM2.5以下のものが分離、多少ここにもまだありますけれども、分離できるということが実証できました。

次、お願いします。

そして、このピラーは先ほどの斜めのピラーではございませんが、このピラーをさっきのものに置き換えるということを今後考えますが、そのピラー間にマイクロギャップを作りまして横から電流を流しますと、PM2.5の標準品が確かにPM2.5の位置で検出されるということを実証しております。ということで、先ほどのマイクロピラーと併せまして検出をインテグレートした、統合したプロトタイプデバイスでの一連動作を実証しようと思っております。

次に、有害低分子ですけれども、これはこのようなフォーメーションで初めから企業がかなり設計段階から入り、密に要素技術を開発中でございます。それで、プロトタイプは来

年の真ん中に作るということで、一応スケジュールどおりに進んでおりますので、動作実証につなげたいと考えております。

その中で、分子認識材料の取得ということで、特にこの有害低分子は分子認識材料を付けたマルチセンサーを作ることがマストですので、その手法として現在インプリントポリマー法、ポリマーを有害低分子を鋳型としましてこのようなものを作り、測る。そして、分子認識ペプチドを作るということで、実際このようなハイブリドーマから肝となるアミノ酸配列をペプチドで検出していますので、これをセンサ表面に載せてプロトタイプを作り上げたいと思っております。

次、お願いします。

これはまた線表に戻りますけれども、現在のところ、一応プロトタイプの試作は順調に進んでおりまして、実サンプルで流すということが非常に重要ですので、今後残された時間にそこをしっかりと数と形状のプロトタイプデバイスでの実証を行っていく予定です。

次に、こうして、各要素技術の開発が計画どおり進んでおりまして、さらに、細菌・ウイルスにおきましては分子認識付与のウイルスにおける動作や菌におけるペプチドなどが幾つか見つかっておりまして、前倒しで進んでいる状況でございます。ということで、一部は120%ぐらい行っているところがありますが、ほぼ100%を達成する見込みでございます。特許につきましては、既に13件出し、そして今準備中11件ということで、特許戦略にも注力している次第でございます。

最後は、これは御覧になっていただければいいと思いますので、ここで発表を終わらせていただきます。

○久間議員 どうもありがとうございました。

それでは、御質問、御意見等をお願いします。

○原山議員 先ほどのマトリックス構造でもってこれを推進しているとおっしゃって、それで非常にマネジメントに気を使うということも言及なさっていて、そこから4ページのほうのマネジメントというと、いろんな会議体があって、フローがあるんですけども、なかなか実際どこに気を使っているらっしゃって、どういう課題が今までの中に出てきて、どういうふうに解決してきたか、その辺の具体的なところがなかなかつかめなかったのが1点と、それから、4ページの非常に重要なことをおっしゃっているのは、コストの面とか量産に関しても当初から念頭に置いたということをおっしゃっているんですが、それがどの

ようにいわゆる研究開発なさっている方たちと共有されていて、それをターゲットとしてどういうふうにセッティングなさっていて、それから企業体ですよ、多分これ幾つか、三つの大きなプロジェクトがあって、中に入っているときには名前がのっているんですけども、企業体はどの程度まで本腰入れているというか、その辺のところを教えてくださいなと思います。

○宮田PM まず一つ目ですけれども、どのように一番苦労するかというところですが、全体会議では進捗を説明していただくわけですが、真の課題は何かというのをディスカッションの間になるべくPL及び研究責任者から引き出すということが一番重要な面もあると思っております。それをそこで軌道修正すべきかどうかは別なんですけれども、その課題についてやっぱりフェース・トゥー・フェースで話す必要がありますので、すぐに重要度のあるものから解決の道、又は解決しなくてもいいものもあるんですが、その辺をいろいろディスカッションをするということで、実際一つの例としますと、いろんな課題で、分子認識をどこに入れるか、ピラーに入れるのか、ナノポアの周りに付けるのか、またどういう分子認識物質を候補とするのかというところで、得てして分子認識のグループのほうは、とりやすいといいますが、そういうものから行ってしまうのですけれども、何を測るか。例えば、一番初めに今ファーストターゲットをインフルエンザにしているんですけれども、その辺のもので関連の動作からやりましょうとか、そういう優先順位を変えることなども含めて、鋭意検討しております。

それから、二つ目の質問ですけれども、ちょっとすみません。

○原山議員 初めの質問ですが、私が質問したかったのは、プロジェクトごとののは多分、PMの補佐の方がいらっしゃるんでそれなりにやると思うんですけれども、プロジェクト間での情報共有と方向性の同意というんですか、一緒に同じ方向性を持って行って、パーツによってはクロスになっているのもありますよね。サンプリングなんかでいうと2と3全部に掛かっていると。

○宮田PM 共通ですね。

○原山議員 その辺の部分どのようにハンドリングしているのかということです。

○宮田PM 分かりました。当初、サンプリングについては具体的なイメージをどのプロジェクトも持っていなかったんですけれども、全体会議を重ねるうちに、このサンプリングデバイスは共通の開発項目であるということがかなり浮かび上がってきまして、実際この既

存のサンプリングデバイスにおいては、三つプロジェクト共通のデバイスとして、実際設計されてきているものがありまして、それを採用していく道を今探っております。

○原山議員 二つ目、コストの面とか量産に関して、当初からというふうに宣言なさっているのは、それはどういうふうになっているのでしょうか。

○宮田PM それは有害低分子で特に進んでいる部分ですけれども、一番最後のフォーメーションの図があったと思うんですが、サンプリングの部分から……。これですけれども、具体的には有害低分子についてはパナソニックが入っていますが、サンプリングの部分のこの設計からデバイスを試作するところまでまず引き受けますよということで、次にいろいろこのアカデミアとのペアをほとんどのところで作っております、やりとりをして、実際、量産化する場合にはどういう材料を選んだらいいとか、そういう話も濃縮についてはしておりますし、特にトランスデューサーにおきましては、東京医科歯科大の宮原先生がFETの設計をしているんですが、実際、量産ラインに乗る、そういうことを念頭にパナソニックが設計して、既に供給を始めるということを、まだ試作段階ですけれども行っているということで、このように一つの例としては取り組んでいるということです。

○久間議員 よろしいですか。

大西議員、どうぞ。

○大西議員 ありがとうございます。企業としては東芝とパナソニックが入っているんですね。今、最後のこのプロトタイプデバイスは10ページを見るとパナソニックが中心になっているようですけれども、企業の役割分担というのはどういうふうになっているんですか。

○宮田PM 最終的な役割分担は集積のモジュール化を量産化に耐えるようにするというところですが、実際ペアとしては、東芝が一番事業性が会社に合うということもあって、細菌・ウイルスのところはかなりコミットメントをして、協力関係を構築しております。それから、有害低分子は、パナソニックがやはり車の中に車載センサということで、かなりもうそういう方向性が会社でも決まっておりますので、そこのニーズに非常に合うということでやっております。PM2.5につきましては、両方とも会社がある意味、空気の質ということで興味があるという段階ですが、どちらにどうするかはこれから速やかに決めていかなければいけないと思っております。さらには、展示会などに出ますと、やはりお掃除メーカーさんとか電機メーカーさんがPM2.5に非常に興味があるということで、いろいろ今、実際、本当にそういうところにヒアリングをしておりますので、どこに受けてもら

うかというのはここ1年でしっかり決めていかななくてはいけないと思っております。

○久間議員 よろしいですか。

ほかに御質問ありませんか。

テーマの微細加工は、産業界から見ると力づくでやればできることなのです。技術的サプライズは微細加工技術ではなくて、ウイルスとか細菌に対する分子認識材料を発見することだと思っております。それとともにそういったセンサが、社会で本当にどれだけ要求されるかというマーケティングをしっかりとやらないといけない。例えば、実用化されても100台しか売れないということでは、I m P A C Tの成果にはなりません。その辺をしっかり検討していただきたいと思っております。お願いします。

○宮田PM 十分認識して進めたいと思っております。よろしく申し上げます。

○久間議員 よろしいですか。

どうもありがとうございました。

それでは、次に山本PM、お願いします。

○山本PM それでは、「量子人工脳を量子ネットワークでつなぐ高度知識社会基盤の実現」に関する進捗状況について御報告いたします。私はプログラム・マネージャーを務めます山本喜久と申します。

現代社会の隅々に入り込み、私たちの生活を支えている現代コンピュータにも不得意な分野があります。例えば、創薬における分子設計であるとか、通信ネットワークにおける周波数や計算機リソースの最適割当てであるとか、宇宙開発における衛星の運用計画・ソフトウェア検証、あるいは機械学習における画像認識・音声認識などの問題は、組合せ最適化問題と言われて、問題サイズが大きくなりますと、現代コンピュータでは解くことができません。あるいは、大量の個人医療情報をサーバー上に保存して、特定個人の遺伝子や脳機能の障害を代理診断するようなことをサーバー上で行わせる秘匿計算を行わせようとしますと、現在のセキュリティ技術では十分ではないという問題があります。それ以外にも、自動運転やロボティクスにおける動的な認識でありますとか未来予測の問題、あるいは新材料探索を行わせるための量子シミュレーションといった分野では、現代コンピュータの性能限界が深刻な問題になりつつあります。私たちは量子人工脳と呼ばれる新しい原理に基づく計算機を開発して、現代コンピュータや暗号技術が不得意とする情報処理技術をカバーしようというふうに考えています。

現代のコンピュータにおきましては、例えばN個の自由度、ビットを持つ問題に対しましては、入力は全部で 2^N あるんですけれども、それぞれの入力に対して逐次計算を行って結果を得て、全ての入力に対して計算が終わらないと最適解が求められないという欠点がありました。この種の問題はスーパーコンピュータを使っても追い付かない計算量爆発が起きて、ここに書きましたように、問題サイズはNビットですけれども、10ビットの場合ですと解の候補は1,000通りしかないんですが、20ビットになると100万通り、30ビットになると10億、40ビットになると1兆、50ビットになると100兆と、高々50しか自由度がなくても、この1,000兆の解の候補の中から答えを探してこないといけないという問題があります。量子コンピュータにおきましては、たったN個の量子ビットを準備しますと、この 2^N 通りの全ての入力値を量子力学の重ね合わせ原理で表すことができますので、たった1回の計算を行えば最適解が求まると。その原理がいわゆる量子系列計算による計算量爆発の克服ということでもあります。

それで、IMPACTの研究開発体制を次のスライドに示しています。プロジェクトの運営のために学識経験者4名のほかに、産業界の研究開発部門のリーダーである6名の方にアドバイザーとして入っていただいております。研究体制は量子人工脳と量子セキュアネットワークと量子シミュレーションの三つのサブチームから構成されていますが、本日は時間の関係から、この量子人工脳に関する進捗状況を中心に御報告させていただきます。

量子ニューロンによる臨界計算というのがこの量子人工脳の基本原理なんですけれども、そのことについて御説明します。脳における情報処理というのは臨界計算だとよく言われますけれども、例えば水が氷になったり絶縁体が超伝導体になるほど物質の性質が劇的に変化する現象を相転移といいまして、それが起こる温度を転移温度、臨界点と呼びます。人間の脳も休止状態にあるときには相転移の臨界点にありまして、外部から入ってくるわずかな刺激によって自発的に秩序を形成して、複雑なタスクを短時間で処理する瞬発力を保持しているというふうに言われています。

このような脳における臨界計算に量子系列計算という概念を取り込んだものが量子人工脳なんですけれども、その中心になる考え方というのは量子ニューロンと言われていまして、具体的には、2枚の鏡の間に非線形光学結晶を置きまして、外側から 2ω のポンプ光で励起すると、その半分の周波数である ω のヒカリ、コヒーレントオーダスというものです。この出力光は0位相を持った状態と π 位相を持った二つの状態が同時に重ね合わせの状態

でいると。すなわち、この量子ニューロンというのが休止している状態と発火している状態にまたがって存在することができる。そのために、脳を構成するN個のニューロンの場合には、一度にたった一つの状態しか表すことができないわけですが、N個のこのような量子ニューロンを持ってきますと、 2^N 個の異なった状態を同時に表すことができるということになります。

量子人工脳を競合技術とこのスライドで比較しています。D-WAVEが開発して有名になりました量子アニーリングのは、現在GoogleやMITリンカーン研究所で精力的に開発が行われているわけですが、超伝導量子回路を使うために、10mKという極低温動作を必要とします。日立が開発したCMOSアニーリングは半導体のCMOS技術をベースにしていますので、室温動作が可能です。量子人工脳ももちろん室温動作いたします。これらの三つの方式はいずれも日本で発明・提案されたものでありまして、大きな違いは、問題サイズNを解くために必要なシステムサイズが N^2 でスケールするかNでスケールするかの違いです。量子人工脳の場合には比較的小さなシステムで大きな問題サイズを解けるといふところに特徴があります。現在のシステムでは、それぞれ33ビット、140ビット、16ビットという小規模の問題しか解けるマシンがないんですけれども、IMPACT終了時までには1万ビットの量子人工脳というのを開発するのが計画です。

次に、この量子人工脳の具体的な構成をここにお示しします。N個の量子ニューロンというのは光パルスで表されるわけですが、一つの光ファイバーリング共振器の中を周回しながら、臨界点を下から上へ超えることによって計算を完成させます。全てのニューロンを相互に結合する N^2 個のシナプス結合は、一つの量子測定フィードバック回路により実装されます。具体的には、例えばこのi番目のパルスにi番目以外からの全てのパルスからの結合を入れるためには、ここで全てのパルスの振幅と位相を測定して、所定のフィードバック結合パルスを加工して、i番目のパルスが来たタイミングでその加工パルスをぶつけるということによって、このシナプス結合を実現しています。この写真はこの系の心臓部であるパラメトリック増幅器をリチウムナイオベートの導波路デバイスで実現したもので、20年という歳月を掛けて開発してきたものです。

次のスライドに進捗状況がまとめられています。現在までにN=16ビットのNP困難問題の正答率が99.9%以上であるということを実現しています。ハードウェアそのものとしては、1kmファイバーの共振器に10cm間隔で光パルスを詰めることを行いまして、1万と

いう光パルスを一括して発生することができるようになっていきます。一方、電気信号処理を行うFPGAのほうは、2,000ビット、シナプス数にして400万というシナプス結合を実現するものが達成されています。ここに示しました図は、その1万の光パルスが予測どおり0相と π 相に50%、50%でランダムに発振するという様子が現れています。右側のパネルは、ポンプをスイッチオンしてから約20週間、時間にして100 μ 秒で臨界点に達して、それから80周回、約400 μ 秒後には計算が完了するということを表している実験結果です。現在までに1万ビットの光学系と2,000ビットのFPGAが完成してしまっていて、今後これを使って最近接結合だけが入る1万ビットのマシンと、全結合が入る2,000ビットのマシンを開発しようと予定しています。その後、第2世代の量子人工脳として10万ビットが載る光学系と1万ビットが載る電気系を開発して、プロジェクトの終了後までには最近接結合では10万ビット、全結合では1万ビットの量子人工脳を作りたいというふうに考えています。

それで、最後に今後の取組なんですけれども、開発する量子人工脳のハードウェアと具体的な社会的課題をつなぐアルゴリズムの開発というのが重要でして、これを今後加速していきたいというふうに考えています。本日は時間の都合でお話しできなかったんですけれども、通信ビットと計算ビットを総合的に守る量子的なネットワーク、あるいは新材料設計に資する量子シミュレータの開発も併せて進めていきます。

それで、IMPACT終了後の我が国の国際競争力、特にこの量子情報技術に関する国際競争力を考えるときには、量子情報科学と脳情報科学を同時に使いこなせるような人材の育成というのを今のうちにしておく必要があります。今年度、それぞれ国際スクールと国内スクールを開催して、若手を集めて集中的に教育するというを行いました。今後、同じような取組を続けていく予定です。

以上です。

○久間議員 ありがとうございました。

それでは、御質問をお願いします。

橋本議員、どうぞ。

○橋本議員 難しく理解が追いついていないのですが、直感的には正にIMPACTらしい内容で、大変期待するところであると思います。質問は、この今16ビットのものを1万ビットにするというのは、これはテクノロジーだけで超えられるものなのでしょうか。さら

に、最後の今後の取組のところに出てきたこのアルゴリズムの話とか、いろんなことは、要するに根性で解決できる話なのか、サイエンティフィック・ブレイクスルーが必要なのか、その辺がちょっと私は分かりませんでした。それと、もう1点だけ。そういう意味において、いずれにしても、この最後の4番目に書かれている人材育成が物すごく重要なのだと思います。先生の研究はすぐにそんな実用化へ行く話ではないと思うのですが、非常にポテンシャルがあるのでしょうかから、そのためにはいかに人材をつないでいくかということが物すごく大きいと思うのですが、その辺両方お願いしたいと思います。

○山本PM 3番目の御質問から答えさせていただきます。量子情報科学と脳情報科学をそれぞれマスターした研究者というのは、日本の国内にそれなりの数がいると思うんですけども、今後この分野が動いていく方向というのは、やっぱり脳科学と量子化学が融合して新しいブレイクスルーを作ることが多分大きなメインストリームだと思うんです。そこでは単に全く違う分野の研究者が2人協力するというのではなくて、1人の研究者があっちに行ったりこっちに行ったり、量子にも脳にも行ったり来たりできるような、ベースの広い研究者がどうしても必要だと思っていて、今現在はそういう人はいないんですけれども、そういう人を……

○橋本議員 先生は……

○山本PM いえ、私は……

○橋本議員 やっぱり脳のほうは分からないのね。

○山本PM はい。私はベースが量子なので、脳は合原先生にお願いしているんですけども、いつまでもそれじゃいけないと思っています。

それから、1番目のこの間をつなぐアルゴリズムは、やはり量子人工脳がどういう原理で動くかという物理のことがよく分かっている人にはできない仕事であると同時に、社会の中で具体的にこういう問題はすごく重要で、解かなきゃいけないんだけど、現代コンピュータではこういうふうにして解いているということが分かっている人でもできないんですね。その間をつなぐ仕事なので、現在プロジェクトの中にいる人たちというのは、ほとんどが物理屋で、光技術者と物理屋なんですね。そういう現代社会の中で実際に重要な問題というものを日々、現代コンピュータのソフトを開発して解いている人たちというのをプロジェクトの中に今後取り込んでいかないと、このアルゴリズムのところというのは多分できないんだと思っています。

最初の御質問の16から1万というのは、純粋に技術的に頑張ればできる問題だと思っています。光学系は立ち上がっていますし、FPGAはあとチップ何枚並べるかという力技の世界だと思えますので、そこには大変ですけれども……

○橋本議員 分かりました。どうもありがとうございます。

○久間議員 原山議員、どうぞ。

○原山議員 今の2番目の点なんですけれども、やはり今後のアルゴリズムの話になると、既存の現在のフォーメーションに更に新たな人たちを入れていかなくちやいけないんですけれども、その辺をどういうふうに今構想なさっていらして、土地勘としてどのようなチームをこの中に付け加えていこうというふうに考えているか。スケジューリングも含めてお願いします。

○山本PM 実は、このスクールは目的は二つあって、若手の人材育成と書いて実際開催したんですけれども、講師の先生方を値踏みしているところがありまして、そういうことができそうな人を選択してお呼びしています。それで、中の人たちと相談して、今後手を組むとしたらどの先生と、あるいはどの企業の誰々と組むのがいいのかということを、今リストアップしているところで、幾つかの有望な出口でキーになる方というのを大体把握したところです。

○久間議員 大西議員、どうぞ。

○大西議員 ちょっとプリミティブな質問ですけれども、量子人工脳という用語と量子コンピュータというのはどういうふうに使い分けられて、概念的に整理されているのでしょうか。

○山本PM 量子コンピュータというのは、概念が出てきたのは1985年で、専門用語ですと閉じた空間、外界から完全に閉じている空間で、量子状態を表す波動関数といいますか、ベクトルをユニタリ回転させることだけで計算を完了させるという、そういう考え方ですね。それから、初め、ベクトルがここにいたものをグルグル回転させて、ここまで行ったら計算が終わっているという、そういうものが量子コンピュータです。量子人工脳はそういう閉じた系ではなくて、外界との結合が非常に強いために、いわゆる相転移の臨界現象というのが起きて、発振閾値の下側では、例えば非常にノイジーな状態だったものが、発振閾値の上側では非常にきれいな光を出す。劇的に光の状態が変わるというのは、中で起きている相互作用とその外側の世界とのエネルギーのやりとりによってそういう劇的なことが起きているわけですけれども、脳はそれの典型なんですけれども、そういう外側に

向かって開かれた世界で情報処理をするような概念は、従来型の量子コンピュータと違うところですよ。

○大西議員 この研究の中に両方の用語が出てきますよね。

○山本PM 量子コンピュータの話が最初の2枚目に出てきましたのは、一般的に量子の重ね合わせの原理を説明するためにここに説明を入ただけでして、このIMPACTの中で量子コンピュータを作るといのは、プログラムの中には入っていません。これの一つ前のFIRSTのプログラムの中で、どうも量子コンピュータは自分たちの今の力ではそう簡単には実現できそうもないということと、出口がそれほどなさそうだということで、その時点で量子人工脳にかじを切りました。

○久間議員 ありがとうございます。

私からも一つ、最後のページに1万ビットと10万ビットの話がありますね。光ファイバーでいうと1km、10kmですね。このハードウェアサイズと、アプリケーションとの対応について伺いたい。例えば、自動運転の事故回避サービスでは、1kmの光ファイバーだと具体的に何ができるのか、それが10kmになるとどういう高度なことができるのか、そういった説明を加えていただきたい。それによって実用化するには、どのぐらいのサイズの光ファイバーシステムを開発すれば良いかの目標ができますよね。その辺を整理していただきたいと思います。

それから、6ページに日立のCMOSアニーリングやD-WAVEとの比較があります。他の二つの方式はLSI化できます。LSIは量産が楽です。山本PMはご自身の光ファイバ方式のいいことしか書いていませんが、光ファイバーを使うと大きくなるし、動作が不安定になるなどのリスクが出てくると思います。そういったところをフェアに見た表を作ってください。

○山本PM はい。量子アニーリングの場合には、心臓部はチップになっていますけれども、10mKの動作温度をするために希釈冷凍機が要るので、実際には非常に大きな装置になるかと思っています。日立のCMOSアニーリングは2万チップを載せるのに、今、数mm角のチップで載っているんですけども、それを実際、例えばこういうオーダーのものを作ろうと思うと、1億のスピンを載せる必要がありますので、チップのサイズにすると恐らくメートルサイズのチップというようなことになるので、それほど小さくはならないのではないかと考えています。

○久間議員 そうですか。

○山本PM 量子人工脳は最終的には10kmのファイバーでもドラムに巻けばこのぐらいの大きさですので、プロジェクトのメンバーの一応、今の予想ですけれども、19インチのラックに光学機器が、別の19インチのラックにFPGA系が載るといふ、そのぐらいの大きさのものというのが最終的に見ている大きさということです。

○久間議員 そういった比較もしっかりと説明していただきたいということです。

それから、2ページに光ファイバーシステムの図が書いてありますが、この中で合原先生の脳のアルゴリズムは、どのように使われているのですか。

○山本PM こちらですか。

○久間議員 ええ。量子人工脳の開発ですから、次の機会に、分かりやすく説明してください。よろしくをお願いします。

ということで、皆さんよろしいでしょうか。

どうもありがとうございました。

それでは、次に事務局より研究開発機関の追加について説明してもらいます。

○福嶋参事官 ImPACTを担当しております参事官の福嶋でございます。お手元の資料3を御覧ください。

ImPACTでは、PMによる研究開発機関の選定につきましては、PMの権限で公募や指名などにより行えることになっておりますが、PMと関係のある機関を選定する場合には、推進会議による承認が必要となっております。一方、PMに関係のない機関の追加につきましては、有識者会議に報告し、御確認いただくことになっております。今回御報告させていただきますのは、PMとは関係のない機関の追加の案件でございますが、資料の表を御覧いただきたいのですが、今回、鈴木PM、超高機能構造タンパク質による素材産業革命プログラムを推進されているPMでございますが、そのプロジェクトの2で進めておられる「超高機能タンパク質素材の成型加工基本技術の開発」、これにつきまして、当初の予定どおり公募によりまして、バンドー化学、この会社は産業用ゴムベルトなどを開発・販売されているメーカーでございますが、構造タンパク質素材を用いた産業化に向けた研究開発に取り組むためにチームに追加したいというものでございます。御報告は以上でございます。

○久間議員 よろしいでしょうか。

それでは、宮田PM、山本PMにおかれましては、研究開発プログラムの成功に向けて、引き続きマネジメントに精力的に取り組んでいただきたいと思います。

PMの皆様は事務局の誘導で退席をお願いします。

(PM退室)

○久間議員 それでは、ここからは非公開で進めさせていただきます。記者の方、関係者以外の方の御退室をお願いします。

(プレス退室)

議題2．研究開発プログラムの進捗管理について【非公開】

議題3．革新的新技術研究開発基金の管理状況について【非公開】

午前 10時30分 閉会