

### 第39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30年3月22日（木）10：56～11：19
- 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、小谷議員、十倉議員、橋本議員、松尾議員、山極議員
- 事務局 山脇統括官、赤石審議官、生川審議官、黒田審議官、進藤審議官、柳審議官、室谷参事官、鈴木参事官
- P M 山本PM

#### ○ 議事概要

午前10時56分 開会

- 橋本議員 続きまして、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、会議前半は公開で会議後半を一部非公開で行います。小林議員が御欠席です。よろしくお願いいたします。

本日の議題は「PMによる研究開発プログラムの見直しについて」です。

各PMに関する平成29年度の研究開発プログラムの進捗管理についてPMからヒアリングを実施し、有識者議員及び事務局にてPMに関する研究費総額の見直し案を検討しているところであります。

本日は山本PMの研究開発プログラムの見直しについて説明してもらいます。

それでは事務局から説明をお願いいたします。

- 鈴木参事官 ImPACT室の鈴木でございます。どうぞよろしくお願いいたします。

資料1を御覧いただきたいと思います。

まず、本日御提案いたします趣旨・経緯でございます。

ImPACTでは御承知のとおり、次の2枚目でございますように、現在16プログラムを推進しているところでございます。もう既に4年目を過ぎましたので、産業や社会にインパクトをもたらすであろう独創的・画期的な成果も一部得られつつある状況でございます。

つきましては、プログラム最終年度を迎えまして、特にSociety 5.0の実現に資するICT分野、それからバイオ分野、この推進に資する有望な研究成果の実用化・事業化を加速化するといったことで、これまで4つのプログラム、具体的には佐橋プログラム、山

本プログラム、野地プログラム、原田博司プログラムでございますが、これらについて研究費総額の追加につきまして検討してきたところでございます。

本日の山本PM以外の3名のPMにつきましては、先般2月1日のIMPACT推進会議において既に御了承いただいております。残る山本プログラムにつきましては、今般10万量子ビットのQNNマシンの開発につきまして検討を行ってきたところでございます。そこで、本日、追加配分の是非について御審議いただきたいと思っております。

2番目でございます。まずプログラムの概要及びこれまでの研究開発状況について御説明いたします。

山本プログラムでございますが、インターネット、あるいは今後の情報通信、交通システムなど、社会全体に非常に複雑なネットワークシステムがつくられるであろうといった中で、大規模化・複雑化するデータを効率的かつ安全に処理するための大規模な組合せ問題を高速処理できる量子ニューラルネットワーク「QNN」と称しておりますが、これを構築するというところで研究開発を進めておられます。

次の2ページ目でございますが、具体的には光を用いまして、その量子効果を応用した世界初の新型コンピュータの開発、「コヒーレント・イジングマシン」と称しておりますが、NTT、東大、国立情報研等が現在進めております。

それから、盗聴、サイバー攻撃から防御するための電子鍵の搬送技術の開発、また3点目としまして、新たな量子メカニズムを探索するための材料開発、あるいはシミュレーション・プログラムの開発と、こういった大きく3つの柱でプログラムを推進しているところでございます。

このうち、①のコヒーレント・イジングマシンにつきましては、「OPO」と称しておりますが、光パラメトリック発振器と呼ばれる新型のレーザの量子力学的な特性を利用しまして、長さ1キロメートルの光ファイバー上に数千個のパルスを生成、そして相互作用させることにより、「量子ビット」と称しております最大2,000ビットを処理でき、都合2,000掛ける2,000で400万通りの組合せに対して、瞬時に最適解を導き出すことに成功・実証しているところでございます。

昨年11月末からは、一般企業、あるいは研究開発機関向けにクラウド公開をいたしまして、もう既に120万件のアクセスに到達してございます。

今回、この10万量子ビットの開発に当たりまして、専門家の先生方からヒアリングを行ってまいりました。その視点といたしまして、まず1点は、10万量子ビットとなりますと、

長さ5キロメートルに及びます光ファイバー上で、このOPOパルスを安定的かつ高精度に生成・相互作用させる必要がございますので、相当な技術的課題・障壁が予想されるという状況でございます。

また、2点目は、昨年11月のクラウド公開後に一部の専門家の先生方から、このQNNが量子を利用した計算はしていないのではないかというような懸念が呈されました。そういうことも含めまして、専門家の先生方の御意見を伺ったところでございます。

具体的には、4ページ目を御覧いただきたいと思えます。

まずQNN全体の評価といたしましては、QNNというのが量子コンピュータの定義に当てはまるか否かといった、そういう問題がございますが、それは横に置いておいても、我が国として独自のこういった実機、実用的な機械が存在すること自体がまず重要であるといったコメントを頂いています。

それから、新しい光量子、あるいは通信、あるいは量子理論、アルゴリズム、さまざまな国内の最先端の英知が結集されているといった点で評価ができる。

また、このQNNの特徴といたしまして、常温で稼働できる、あるいは全結合が可能となっているといった点が非常に有利な点であるということで、非常に独創的なアイデアであるといった評価をいただいております。

他方で、右側（がわ）でございますが、産業・社会の実用課題に応用し、実際に役に立つということを示す必要があるといった御指摘もいただいております。

また、一部専門家間で量子効果が本当にあるのかどうかといったお話がございました。

具体的には、5ページ目にヒアリングを行いました先生方のリストを付けてございます。我々技術ヒアリングという形で三、四名の御専門の先生方にヒアリングを行っておりますが、今回、御専門の先生方からいろいろ御指摘いただきましたので、その他専門家ということで、その御指摘事項に合った日本の最高峰の先生方にも御意見を伺っております。

4ページ目にお戻りいただきまして、量子効果の部分でございます。光の量子効果が最適解の選択に非常に重要な役割を果たしているといったこと、それから同様のことを古典コンピュータで再現するのは非常に難しいのではないかと御意見をいただいております。

右側でございますが、他方で、そういった量子効果が働いていることは理解できるけれども、実際にどのぐらい高速性に貢献しているのか、もう少し分かりやすく示してほしいといった御意見もいただいております。

また、性能面についてでございますが、現状では、この組合せ最適化問題に限れば、全結

合が可能だといったQNNが最も優れているというふうに評価できると。また、今後の処理性能の向上といった面でも、そういう全結合といった点から考えると期待できるというコメントをいただいております。

他方で右側（がわ）でございますが、半導体回路でありますFPGA、これがもしかすると律速になる可能性があるんじゃないか、若干まだ確信が持てないという声もいただいております。

その下でございますが、いずれにしても、このQNNが今後期待されるいろいろなカテゴリの中で、どの部分が得意で、他のコンピュータに勝っているのかを正確に情報発信していく必要があるというコメントをいただいております。

また、量子コンピュータの定義についてでございますが、将来、こういった量子コンピュータと認知されるようにするためには、もっと基礎的な理論実証を行う必要があり、拙速に語るべきではないといった指摘もいただいております。

最後、10万量子ビットの実現可能性でございますが、5キロに及びます光ファイバリング上にOPOパルスを安定的かつ高精度に生成・相互作用させる必要がございますので、非常にハードルが高いわけでございますが不可能ではないのではないかと。IMPACTでなければチャレンジできない案件ではないかといった指摘をいただいております。

このようなことから、我々事務局といたしまして、今後Society 5.0の実現に向けて、こういったビッグデータを高速処理、効率的に処理していくといった点では、汎用性のあるスーパーコンの改良開発に加えまして、組合せ最適化課題に特化した形での専用機も必要であると思っております。

また、海外では、既にD-Wave社が量子コンピュータの商用サービスを開始してございまして、国内でも大学等がこのコンピュータを利用する方向の報道も最近いろいろ出てきておりますので、我が国としても商用利用が可能な実機を保有することが非常に急がれるのではないかと思っております。

また、この専門家の先生方の御意見を踏まえれば、多分QNNには量子効果が十分活用されており、従来コンピュータでそのことを再現することは非常に難しいと考えられますと、開発疑義もあるのではないかと思っております。

そういうことから、今回10万量子ビット、この開発に仮に成功すれば、世界最高の処理性能を持つ専用機となることが期待され、正にIMPACTとして挑戦すべき重要なテーマではないかと考えてございます。

なお、定義の問題につきましては、まだ定義自体国際的に定まっていないことから、今後、それら専門家間の議論に任せたいと思っております。

2ページ目にお戻りいただきたいと思っております。一番最後の4番目でございます。

以上を踏まえまして、QNNといったものにつきまして、IMPACTの狙いであります「将来の産業や社会のあり方に大きな変革をもたらす革新的な科学技術イノベーションの創出」、こういったことを示すためには、当面、この組合せ最適化問題といった面で創薬化合物の探索など、実用的な組合せ最適化問題に適用可能であるということを示す必要があり、そのためには10万ビット数の実用機の開発が是非とも必要と考えますので、今回、是非御承認をお願いしたいと思っております。

以上でございます。

○橋本議員 御説明ありがとうございました。

今御説明いただいたとおりですが、私の方でもう一回復習させていただきますと、IMPACTが最終年度を迎える中で加速予算の申請が4件あり、2月1日に推進会議を行いまして山本PM以外の3件は認めましたが山本PMの案件はペンディングになりました。その理由は大きく分けて2つあって、1つは今後増額したとしてもそれで行うことが技術的に極めて難しいのではないかと指摘があったことと、もう一つは量子コンピュータではないのではないかと疑問が出されたということがありましたので、きちんと専門家の中で議論していただく必要があるだろうということになりました。今までももちろん専門家は入っているのですが、更にもっとこの分野に近い専門家にピア・レビューをやっていただくということで、今回4名の量子コンピュータの世界で我が国を代表する科学者に見ていただいております。

その結果を表にしております。専門家の意見はいろいろあるので、評価するところと懸念事項に分けてこのように事務局に整理していただきました。

2つの懸念点があってペンディングにしていたわけですが、前半分の技術的困難さに関しては、確かに難しいけれどもやってみる価値はあるという意見が専門家内からも得られているということ。2番目の量子コンピュータという名称に関しては、量子コンピュータの定義がまだしっかり定まっていないという部分もありますがいずれにしても量子効果を使ったものにはなっているということは専門家も認めていることでありまして、量子コンピュータの定義の問題は学会で決めていただき、技術的にこれができるときの組合せ最適化問題に関しては、間違いなく現状のコンピュータ等々に比べて圧倒的にすぐれたものになるとい

うことは専門家も言うておられます。専門家の意見を受けて、評価できる事項、懸念される事項の両方を並べた上でも、先ほどの懸念点の2点とも、ここはI m P A C Tの趣旨に即して考えるとチャレンジしてよいのではないかというのが事務局の案であります。

なお、この案は繰り返しになりますが専門家によるピア・レビューの結果を受けて事務局の方で判断したものを今日提示いたしましたので、この有識者会議で御意見をいただいてどうするかご議論していただきたいと思えます。

何か御質問・御意見がありましたらどうぞ。

○小谷議員 技術的にかなり困難があるかもしれないということですが、具体的にはどのような課題が想定されていて、それに対しての見通しを教えていただきたいというのが1つ。

もう一つは、これが成功すれば圧倒的に世界の市場で勝てるということですが、それがどれぐらい続くのかということ。また、本当に競争が激しいので、どれぐらいのタイムスパンで成功すれば圧倒的な優位に立てるか、世界的な状況も教えていただけますか。

○橋本議員 山本PMからお願いします。

○山本PM お手元にお配りした資料2というのが、非公開のものがあるんですけども、その9ページに10万ビット全結合マシンを実現するための技術的課題がまとめられています。

ハードルは2つありまして、1つは光ファイバーのリング共振器が今回は5キロメートルという長尺になります。これは重力波を検出したレーザ干渉計の距離が4キロメートルでしたので、それよりも更に1キロ長い光の干渉計の位相を安定化しないといけないという技術的な課題が1つあります。

この1年間にレーザの位相の安定化については、約7桁精度を向上させてきて、もうあと一桁上げれば、5キロの光ファイバリング共振器は動くという理論的な予測がありますので、残された期間で克服できる問題だと思っています。

もう一つの障害は、問題を設定するFPGAの回路の中の情報処理能力なんですけれども、200ピコ秒という非常に短い時間の中に10万掛ける10万というベクトル積の演算をこの電子回路でやらないといけないのですけれども、それについては最新のXilinxが出しているFPGAのチップを54枚使うと一応処理できるということがシミュレーションで明らかになっていますので、あとは実装すればいけるだろうというところまで来ています。

2つバリアはあるんですけども、どちらもI m P A C Tの期間内に克服できる技術的な課題だというふうにプロジェクト側(がわ)では思っています。

それから、この10万ビットのマシンができたときに競合する技術と、どのくらい差があるかという問題ですけれども、これに関しては同じく5ページ目に現在開発に成功している2,000ビットのマシンを組合せ最適化問題に対して開発されている現代アルゴリズムをスーパーコンピュータに乗せた場合に比べて、既に100倍の高速性が確認されていまして、性能としては、問題を限ればスーパーコンピュータに勝てるというところまで来ていまして、10万ビットのマシンをつくる主な目的は、むしろスーパーコンピュータとの性能比較というよりは、先ほど鈴木参事官の話に出てきましたけれども、実社会の問題を解こうとしますと、やはり数万から10万というビットサイズがないと世の中のお役に立つようなマシンにはならないということで、実問題を解くための、実社会の課題を解くための実用機をIMPACTの期間内につくっておきたいという、そういう意図があります。

○橋本議員 他にいかがでしょうか。よろしいでしょうか。

これから山本PMの研究費総額の見直し内容について議論をいたしますので非公開で行います。有識者議員及び事務局関係者のみとさせていただきます、それ以外の方は退室をお願いいたします。

(以下、非公開にて開催)

では以上で第39回のIMPACTプログラム有識者会議を終了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19分 閉会