

平成30年3月22日  
内閣府 ImPACT 室

## ImPACTプログラム研究開発費の配分変更案について

### 1 趣旨・経緯

ImPACT は、将来の産業や社会に大きな変革をもたらす、これまでの常識を覆すような革新的なイノベーションを創出することを目標として、平成30年度を目標年度として現在16のプログラム（別添1）が推進されている。

従来の国家プログラムや民間の自発的な研究開発投資では扱えなかったようなハイリスク・ハイインパクトな研究開発を推進することにより、例えば、

- ・ 我が国が得意とする「モノづくり」を抜本的に変革するポリマー分子設計技術や、世界初の超小型パワーレーザーの開発
- ・ 今後の少子・高齢化社会に備えた最先端 IoT システムや革新的な医療機器の開発

など、将来の産業・社会に大きなインパクトをもたらす得る独創的かつ画期的な研究成果が得られつつある。

については、プログラム最終年度を迎え、今後、研究開発の加速化等が求められる分野として、特に Society5.0 の実現に資する ICT 及びバイオ分野について、そ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ため、4つプログラム（佐橋 PM、山本 PM、野地 PM 及び原田（博） PM）について研究開発費の追加配分を検討してきたが、山本 PM 以外の3PMについては先般2月1日（木）開催の ImPACT 推進会議において御承認をいただいている。

残る山本 PM が推進する「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」については、今般提案された10万量子ビット機（実用機）の実現可能性等について専門家ヒアリングを行った結果を御報告するとともに、追加配分の是非について御審議いただきたい。

### 2 プログラム概要及びこれまでの研究開発状況・成果

山本プログラムでは、インターネット、無線通信システム、交通システムなど、社会における様々なネットワークやシステムが相互に連結し、大規模化・複雑化する中で、今後、それらシステムで得られたビッグデータを効率的かつ安全に処理するため、大規模な組み合わせ問題を高速に処理できる量子ニューラルネットワーク（QNN）を構築することとし、

- ① 光の量子効果を応用した世界初の新型コンピュータ（コヒーレント・イジングマシン）等を開発（NTT、東大、国立情報研、スタンフォード大等）するとともに、
  - ② 盗聴やサイバー攻撃から防御するための量子鍵配送技術の開発（情報通信研究機構、富山大、東芝インフラシステム等）、
  - ③ 新たな量子メカニズムを探索するための材料開発やシミュレーション・プログラムの開発（理研、京大等）
- 等を推進している。

このうち、コヒーレント・イジングマシン（上記①）については、光パラメトリック発振器（OPO）と呼ばれる新型レーザの量子力学的な特性を利用し、長さ1 kmの光ファイバー上に数千個の OP0 パルスを生成・相互作用させることにより、最大2000組（量子ビット）の組み合わせ問題（最大2000×2000=400万のビット間結合）から瞬時に最適解を導き出すことに成功・実証している。

また、昨年11月末からは、一般の企業や研究機関に対してクラウド公開し、既にアクセス数が120万件（平成30年3月現在）に達し、学術関係者や産業界の関心の高まりが伺える状況にある。

### 3 専門家からのヒアリング結果

今後、10万量子ビット機の開発に当たっては、長さ5kmに及ぶ光ファイバー上で数万個の OP0 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ある等、相当な技術的課題・障壁が想定されるほか、昨年11月のクラウド公開後、一部専門家等から QNN が量子を利用した計算はしておらず、現在の CPU と同じ古典的な計算をするコンピュータである等の指摘がみられた。

このため、QNN の開発意義や性能ポテンシャル等に関して、改めて専門家の意見を聴取した（別添2、3参照）。

### 4 一般の増額要望の主旨及び必要性

以上、専門家の意見等を踏まえ、山本 PM プログラムの QNN が、ImPACT のねらいである「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」に役立ち得るものであること示すには、創薬化合物の探索など実用的な組み合わせ最適化問題に適用可能であることを実証することが重要であり、技術的な実現可能性も考慮し、新たに10万量子ビット機の開発に挑戦することとしたい。

以上

# ImPACT プログラム・マネージャー(PM) (配分額) ※千万円以下四捨五入

別添1



**伊藤耕三 PM** (49億円)  
「超薄膜化・強靱化「しなやかなタフポリマー」の実現」



**合田圭介 PM** (30億円)  
「セレンディピティの計画的創出による新価値創造」



**佐野雄二 PM** (35億円)  
「ユビキタス・パワーレーザーによる安全・安心・長寿社会の実現」



**佐橋政司 PM** (45億円)  
「無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現」



**山海嘉之 PM** (35億円)  
「重介護ゼロ社会を実現する革新的サイバニックシステム」



**鈴木隆領 PM** (30億円)  
「超高機能構造タンパク質による素材産業革命」



**田所諭 PM** (36億円)  
「タフ・ロボティクス・チャレンジ」



**藤田玲子 PM** (34億円)  
「核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化」



**宮田令子 PM** (27億円)  
「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」



**八木隆行 PM** (30億円)  
「イノベティブな可視化技術による新成長産業の創出」



**山川義徳 PM** (33億円)  
「脳情報の可視化と制御による活力溢れる生活の実現」



**山本喜久 PM** (30億円)  
「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」



**白坂成功 PM** (20億円)  
「オンデマンド即時観測が可能な小型合成開口レーダ衛星システム」



**野地博行 PM** (18億円)  
「豊かで安全な社会と新しいバイオものづくりを実現する人工細胞リアクタ」



**原田香奈子 PM** (16億円)  
「バイオニックヒューマノイドが拓く新産業革命」



**原田博司 PM** (23億円)  
「社会リスクを低減する超ビッグデータプラットフォーム」

平成26年6月24日選定

平成27年9月18日選定



革新的研究開発推進プログラム  
**ImPACT**  
Impulsing Paradigm Change through Disruptive Technologies Program

## 専門家の主なコメント

	評価事項	懸念事項
QNN全体	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <u>量子コンピュータの定義に当てはまるか否かに関わらず、今後の高速計算機開発において QNN という我が国独自の実機が存在することが非常に重要かつ優位である。</u></li> <li>○ <u>実用的なマシンを開発という目標の下に、光量子や通信技術、量子理論、アルゴリズム開発等の最先端の英知が結集されている。</u></li> <li>○ <u>光を用いることにより、常温で稼働でき、量子ビット間で全結合が可能なことが大きな利点である。光以外でこの特徴は出せず、独創的なアイデアである。</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <u>既存技術との性能比較に止まらずに、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早急に示す必要がある。</u></li> </ul>
量子効果の存在	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <u>光の量子効果が最適解の選択に重要な役割を果たしており、同様のことを古典コンピュータで再現することは非常に難しい。</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <u>量子効果が働いているであろうことは理解できるが、計算の高速性に光の量子効果がどのように貢献しているか、分かりやすく示してほしい。</u></li> </ul>
性能	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <u>山本PMが示す性能比較表(量子コンピュータ及び現代コンピュータとの比較)のとおり、現状では、組み合わせ最適化問題に限れば量子ビット間の全結合が可能なQNNが最も優れている。</u></li> <li>○ <u>原理的に全結合が可能なことから、組み合わせ最適化問題に関しては、処理性能の向上が十分期待できる。</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <u>QNN は、光+FPGA の組み合わせで高速性が担保されているため、FPGA が律速になる可能性があり、処理性能が飛躍的に伸びるか確信は持てない。</u></li> <li>○ <u>ゲート型の量子コンピュータや量子アニーラ等との比較において、QNN が得意とする問題カテゴリの範囲を明確にし、正確な情報発信に努める必要がある。</u></li> </ul>
量子コンピュータとしての位置づけ		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <u>将来、QNN が量子コンピュータとして認知されるためには、基礎的な理論実証がまだまだ必要であり、拙速に量子コンピュータを語るべきではない。</u></li> </ul>
10 万量子ビット実現の可能性	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <u>長さ 5km に及ぶ光ファイバー上で数万個の 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ある等、相当な技術的課題・障壁が想定されるが、実現は不可能ではない。ImPACT でなければチャレンジできない。</u></li> </ul>	
事務局案	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <u>今後、Society 5.0 の実現に向け、サイバー・フィジカル空間上のビックデータ等を効率的に処理していくためには、汎用性のあるスーパーコンピュータ等の改良開発に加え、複雑な組み合わせ問題を高速処理できる専用機が必要である。また、海外では、既に D-Wave 社による量子コンピュータの商用サービスが開始され、様々な分野で応用研究が開始されようとしている中で、我が国においても商用利用が可能な実機を保有することが急務と考えられる。</u></li> <li>○ <u>また、専門家による上記意見等を踏まえれば、QNN には量子効果が活用されており、同様のことを従来型(古典型)のコンピュータで再現することは難しいと考えられる。</u></li> <li>○ <u>ついては、10万量子ビット機の開発については、一定の技術的な不確実性が伴うが、実現すれば、現段階において組み合わせ最適化問題の処理性能が世界最高の専用機となることが期待され、ImPACT として挑戦すべき重要なテーマのひとつになり得ると考える。</u></li> <li>○ <u>なお、QNN が量子コンピュータに該当するか否かの議論については、量子コンピュータの定義自体が未だ国際的に定まっていないことから、今後の専門家間での議論に任せることとする。</u></li> </ul>	

## 山本プログラムに関するヒアリングを行った専門家

平成 30 年 3 月 22 日

ImPACT 室

## 1. 技術ヒアリング専門家

氏名	所属	専門技術領域
田村泰孝	(株)富士通研究所 フェロー	計算機アーキテクチャ
戎崎俊一	理化学研究所 戎崎計算宇宙物理研究室 主任研究員	宇宙科学、スーパーコンピュータ
井元信之	大阪大学大学院 基礎工学研究科 教授	量子情報、量子光学

## 2. その他専門家

氏名	所属	専門技術領域
合原一幸 ※	東京大学 教授 最先端数理モデル連携研究センター長	ニューラルネットワーク 等の数理モデル
西森秀稔 ※	東京工業大学 理学院物理学系 教授	量子アニーリングの理論
中村泰信 ※	東京大学 先端科学技術研究センター 教授	ゲート型量子コンピュータ開発
荒川泰彦	東京大学 教授 ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構長 生産技術研究所光電子融合研究センター長	光エレクトロニクス技術

注：※の専門家は山本 PM プログラム参加者である