



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

実施状況報告書

2020 年度版

2020 年 12 月～2021 年 3 月

ネットワーク型量子コンピュータによる

量子サイバースペース

山本 俊

大阪大学 大学院基礎工学研究科／
量子情報・量子生命研究センター



研究開発プロジェクト概要

光、原子、半導体等の量子コンピュータハードウェアをネットワーク化するための要素技術を開発し、複数の中小規模量子コンピュータを接続した「ネットワーク型量子コンピュータ」を構築します。それにより、2050年には、さらなる大規模化を進め、汎用的な量子コンピュータの実現を目指します。

https://www.jst.go.jp/moonshot/program/goal6/66_yamamoto.html

課題推進者一覧

課題推進者	所属	役職
山本俊	大阪大学 大学院基礎工学研究科	教授
下井英樹	浜松ホトニクス株式会社 電子管事業部	グループ長
三木茂人	情報通信研究機構 未来 ICT 研究所	主任研究員
青木隆朗	早稲田大学 理工学術院	教授
大岩顕	大阪大学 産業科学研究所	教授
久保結丸	沖縄科学技術大学院大学 量子ダイナミクスユニット	グループリーダー

1. 当該年度における研究開発プロジェクトの実施概要

本研究開発プロジェクトは必ずしも単体では「誤り耐性型汎用量子コンピュータ」を実現するほどではない NISQ 規模(中小規模)の量子計算機を量子接続し、大規模化するためのネットワーク化技術を開発する。それと同時にネットワーク化することにより分散型量子コンピューティングを含む任意の量子アルゴリズムを実装可能にするとともに、「誤り耐性型汎用量子コンピュータ」により顕在化する情報セキュリティの脅威も同時に解決することを目指して研究を進めている。現在の技術から NISQ 規模量子コンピュータの候補となるハードウェアとして、超伝導、光、原子・イオン、半導体の各物理系が想定される。これらの量子コンピュータをネットワーク接続することでネットワーク型量子コンピュータを実現し、光と協調して動作する NISQ 規模量子プロトコルを実装する計画である。当該年度は各ハードウェアと接続するための基盤的な技術に関して、進むべき最初の方角性を定め、細部の検討を行った。

2. 当該年度の研究開発プロジェクトの実施内容

(1) 研究開発項目1: 原子ネットワーク型技術

研究開発課題1: 原子・光多重化量子ネットワーク技術

当該年度実施内容: 原子量子ビットをネットワーク接続するための量子インターフェースを開発し、NISQ 規模の原子アレイ量子コンピュータを接続する。当該年度では原子アレイを実現し、原子アレイ間を光接続するために必要な各種の光学設計を行い、次年度以降の実験系の設計を行った。

課題推進者: 山本俊(大阪大学大学院基礎工学研究科)

研究開発課題2: 多重化光子検出器開発

当該年度実施内容: NISQ 規模で想定されるネットワーク化のために、多重化された超伝導ナノワイヤ単一光子検出器(SNSPD)を実現する。当該年度では多重化された光検出システムを実現するために、SNSPD の開発環境の整備並びに、多数の SNSPD を冷却するための冷凍システムの設計及び作製に着手した。

課題推進者: 下井英樹(浜松ホトニクス株式会社)

研究開発課題3: 高性能光子検出技術開発

当該年度実施内容: 各物理系に依存する様々な波長に対して超伝導ナノワイヤ光子検出器(SNSPD)の検出効率を向上させる為に、計画している各波長に対して高い光吸収率が得られるような SNSPD 素子の光学設計の実施を行い良好なシミュレーション結果が得られた。

課題推進者: 三木茂人(情報通信研究機構)

(2) 研究開発項目2: 光子ネットワーク型技術

研究開発課題1: 共振器 QED 量子ネットワーク化技術

当該年度実施内容: 光子量子ビットをネットワーク接続するための量子インターフェースを開発し、NISQ 規模の光子量子コンピュータを実現する。当該年度では、1次元光子量子ビット列生成の原理検証に用いる共振器 QED 系の設計と予備実験を行った。

課題推進者: 青木隆朗(早稲田大学理工学術院)

(3) 研究開発項目3: 半導体ネットワーク型技術

研究開発課題1: 半導体量子ビットの量子ネットワーク化技術

当該年度実施内容: NISQ 規模の半導体量子コンピュータの接続のため、開発方針の検討と素子試作を開始した。当該年度では、シャトル法と類似の、量子ドットアレイ法の検討と素子作製を行った。また、プロジェクト間連携の議論を開始した。半導体量子ビットをネットワーク接続す

るための量子インターフェースとしての Ge 量子ドットの電極作製技術開発と設計を行った。
課題推進者：大岩 顕(大阪大学 産業科学研究所)

(4) 研究開発項目4: 超伝導ネットワーク型技術

研究開発課題1: 超伝導量子ビットの量子ネットワーク化技術

当該年度実施内容: 超伝導量子コンピュータのネットワーク化技術に向けて極低温で動作する量子トランスデューサーをダイヤモンド結晶中の不純物スピンを用いて開発する。当該年度においては、その実現に必須な要素技術である光共振器を構築した。

課題推進者：久保結丸(沖縄科学技術大学院大学)

3. 当該年度のプロジェクトマネジメント実施内容

(1) 研究開発プロジェクトのガバナンス

進捗状況の把握

- ・大阪大学 先導的学際研究機構 量子情報・量子生命研究センターの下に PM 支援チームを構築した。また、運営会議を設置し、開催した。研究開発プロジェクトにおける知的財産権の運用について協議する場として知財運用会議を設置した。
- ・キックオフ会議(課題推進者会議)を開催し、各課題研究者および PD との意見交換を行った。また、PM のサイトビジットを行い、研究に関する意見交換および進捗確認を行った。

研究開発プロジェクトの展開

- ・本年度は研究体制を早期に整えることに注力した。

(2) 研究成果の展開

- ・研究開発プロジェクトにおける知的財産権の運用について協議する場である知財運用会議の体制を検討した。
- ・本研究開発事業の主題である量子サイバースペースの基盤技術となる量子インターネットの将来展望と国内戦略を立案し、ホワイトペーパーとしてまとめ、QITF から発表した。
- ・本研究開発事業の研究課題である超伝導光子検出器の量子インターネットにおける重要性に関して論文としてまとめて低温工学から発表した。

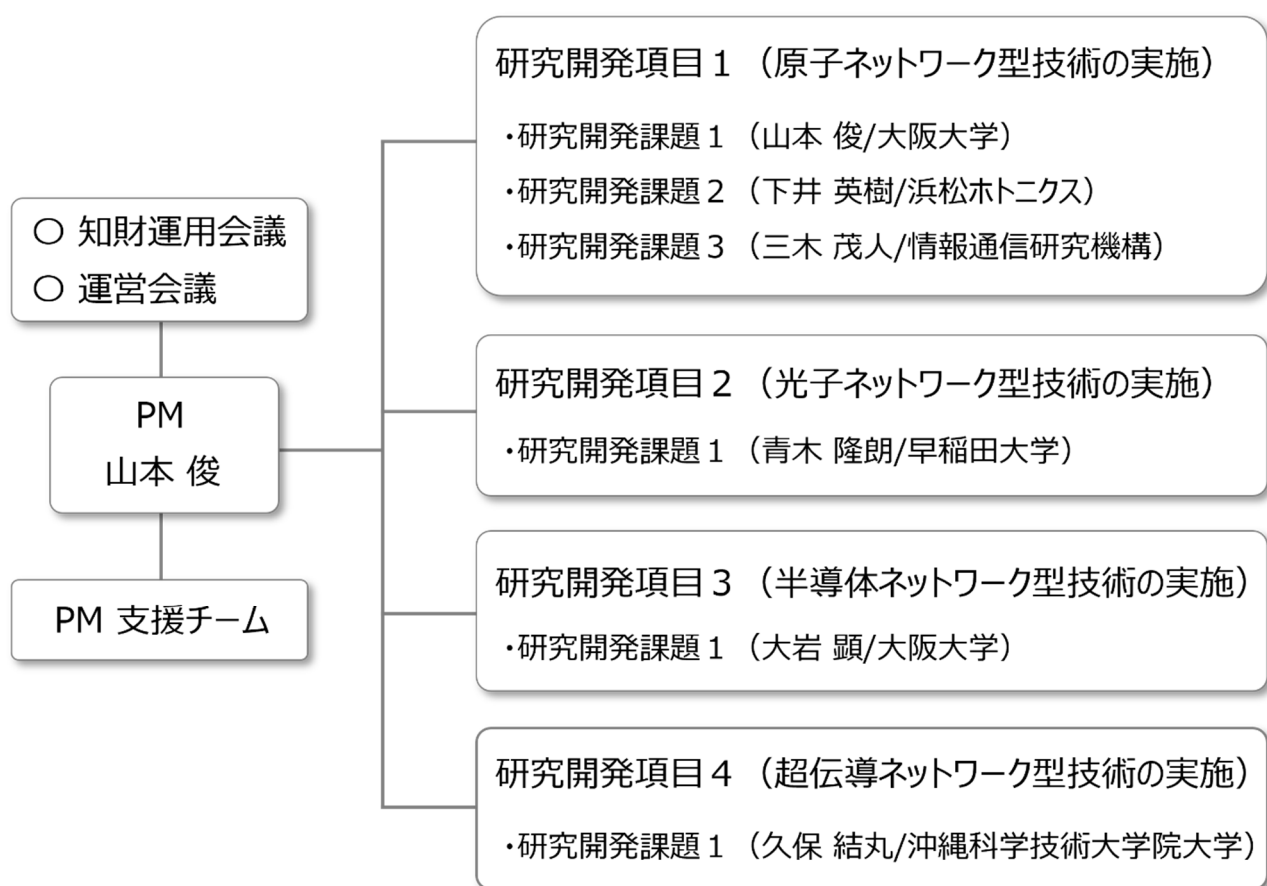
(3) 広報、アウトリーチ

- ・本プロジェクトにおける光子検出技術の普及と今後の発展のため QIQB×QCNQC シンポジウム「光子検出技術」をオンライン開催した。
- ・2050 年のムーンショット目標達成を担う人材育成の一環として、高校生・高専生・(大学生) 向けの研究紹介イベントである「阪大 QIQB で量子ネイティブになろう【高校生・高専生・(大学生) 向け】」で講演を行い、プロジェクト紹介を含めた研究紹介を行った。

(4) データマネジメントに関する取り組み

- ・データマネジメントプランを作成し、適切なデータ管理に務めた。

4. 当該年度の研究開発プロジェクト推進体制図



5. 当該年度の成果データ集計

知的財産権件数				
	特許		その他産業財産権	
	国内	国際(PCT 含む)	国内	国際
未登録件数	0	0	0	0
登録件数	0	0	0	0
合計(出願件数)	0	0	0	0

会議発表数			
	国内	国際	総数
招待講演	5	3	8
口頭発表	4	0	4
(うち、査読有)	(0)	(0)	(0)
ポスター発表	1	0	1
合計	10	3	13

原著論文数(※proceedings を含む)			
	国内	国際	総数
件数	1	0	1
(うち、査読有)	(1)	(0)	(1)

その他著作物数(総説、書籍など)			
	国内	国際	総数
総説	1	0	1
書籍	2	0	2
その他	0	0	0
合計	3	0	3

受賞件数		
国内	国際	総数
0	0	0

プレスリリース件数
0

報道件数
1

ワークショップ等、アウトリーチ件数
3