



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

終了報告書

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



1. 研究開発プロジェクトの実施期間

令和2年12月1日～令和7年11月30日

2. 研究開発プロジェクトの実施概要

(1) 研究開発プロジェクトの概要

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小中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の確立に貢献することを目的とする。また、ネットワーク化することで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開発を進めてきた。現在の技術水準において、小中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小中規模量子コンピュータを実現し、光と協調して動作する小中規模量子プロトコルを実装する。また、台頭する量子インターネットに向けた要素技術開発も実施した。

(2) 研究開発プロジェクトの実施概要

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、当初の方針に基づき研究開発を推進した。その結果、目標を上回る成果に加え、当初は想定していなかった成果も得られるなど、研究は順調に進展した。研究開発項目ごとの実施概要を以下にまとめる。

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・光多重量子ネットワーク技術

原子と光子の量子もつれを利用した原子量子コンピュータのネットワーク化に関する研究開発を推進した。原子アレイと光子の多重量子もつれ生成の実験系を構築し、10 個の原子からなる原子アレイと 10 チャンネルの集積光導波路アレイを結合させ、本研究開発項目内で開発された超伝導ナノストリップ単一光子検出器(SNSPD)システムを用いて、当時世界最大となる 10 多重光子の並列読み出しに成功した。また、イオントラップの高橋 PJ でも利用可能な量子周波数変換による偏光無依存な単一光子ルーティング技術を実証した。理論面では、小芦 PJ と連携し、ネットワーク型量子コンピュータによる誤り耐性分散量子計算のリソースとなる論理量子もつれ共有の理論を構築するとともに、中性原子量子コンピュータを含む2次元量子ビットアレイ間の多重物理量子もつれ配信から論理量子もつれ蒸留に至る基本プロトコルを提案した。これらの成果により、ネットワーク型量子コンピュータ実現に向けた要素技術を確立した。

● 研究開発課題 2: 多重化光子検出器開発

多重化された SNSPD の研究開発を推進した。超伝導薄膜の製造・評価プロセスを内製化し、高感度化と再現性の高い作製フローを確立した。また、多チャンネル化に向けて30 チャンネル規模の SNSPD 冷凍システムを設計・作製し、熱流入、真空気密性、極低温下での配線信頼性などの課題を改善した上で、32 チャンネルシステムの開発へ展開した。さらに、本プロジェクト、および高橋 PM のプロジェクトへ計 9 システム・187 チャンネルを

提供し、当初目標の 120 チャンネルを大きく上回る成果を達成した。最終的には、冷凍機・回路・計測系を一体化したラック型システムを開発し、設置・立ち上げ作業の効率化と可搬性の向上を実現した。

- 研究開発課題 3: 高性能光子検出技術開発

SNSPD の高性能化および集積化に関する研究開発を推進した。高性能化では、物理系に応じた広い波長帯で高効率化と低暗計数化を実現し、検出効率 95%以上・暗計数率 1 cps 以下の性能を達成した。集積化では、極低温下での多重化技術や光ファイバアレイとの高効率光結合技術など、超多チャンネル化に必要となる基盤技術を確立した。

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

ナノファイバー共振器 QED 技術に基づく光子量子ビットのネットワーク化に関する研究開発を推進した。光子量子ビットの高コヒーレンス性や長距離伝送性といった特長を踏まえ、従来方式が抱える確率的動作の課題を克服するため、ナノファイバー共振器 QED 技術に基づく光子ネットワーク技術を開発し、小中規模光子量子コンピュータの実現に向けた基盤構築を進めた。

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

半導体量子ドット中の電子や正孔の持つスピンを量子ビットとする半導体量子コンピュータのネットワーク化に関する研究開発を推進した。シリコン量子ビットの接続技術と光子インターフェース技術の開発を中心に進め、コンベヤースピンシャトル法による高速・高信頼な量子ビット接続の可能性を示した。また、ゲルマニウム量子ドットを用いた光子-スピン変換を提案し、通信波長帯での量子インターフェースの実現性を示した。さらに、遠隔量子ビット接続に向けた低温光ファイバー伝送やもつれ光子対源の構築を行った。

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

超伝導量子コンピュータのネットワーク化及び大規模化に必要な量子トランスデューサーの実現を目指し、極低温で動作するダイヤモンド中の不純物スピンを媒介としたマイクロ波-光子変換技術の研究開発を推進した。極低温環境での高安定光共振器やマイクロ波-光複合共振器、スピン集団を用いた量子インターフェースを構築し、コヒーレント状態のマイクロ波-光変換を実証した。また、量子メモリや超伝導量子ビットとの統合に向けたデバイス開発を進め、低雑音量子計測技術への応用可能性も示した。

(3) プロジェクトマネジメントの実施概要

代表機関である大阪大学 量子情報・量子生命研究センターの下に構築した PM 支援体制と連携し、プロジェクトマネジメントを遂行した。課題推進者会議やサイトビジット、各課題推進者との頻繁な意見交換を通じて研究開発状況を把握し、円滑なプロジェクト運営を遂行した。また、プロジェクト内のグループ間の連携に加え、他プロジェクトとの連携も積極

的に推進した。優れた成果に対して8件のプレスリリースを行い(内4件は他プロジェクトとの共同プレス)、さらにプロジェクトホームページの公開、Nature 誌での紹介記事の掲載を通して、本プロジェクトに関する最新情報を国内外に発信した。国際連携強化に向けた取り組みとしては、プロジェクト参加者7名を欧米の著名な研究機関にそれぞれ短期派遣して、ネットワーク型量子コンピュータに関する研究協力体制を構築した。一方で、アウトリーチ活動にも精力的に取り組む、主なものとして、文部科学省「一家に1枚 量子と量子技術」や国立国会図書館報告書「量子情報技術」の制作、G7 科学技術大臣会合での成果物展示、国際シンポジウムの開催(2件)および企画運営(2件)を実施した。これ以外にも、中学・高校への出張授業、大学イベントでのラボツアーや模擬実験、さらには一般社会人向けの講義など、量子情報技術分野の普及に努めた。

3. 研究開発プロジェクトの顕著な成果

(1) 目標達成に最も寄与する成果

小中規模の量子プロセッサの量子ビットと光子の量子もつれの量子インターフェースを開発して、小中規模の量子コンピュータによるネットワーク型量子コンピュータを実現する要素技術開発を行った。各ハードウェアの量子インターフェース開発は、目標として非常に挑戦的であったにも関わらず、大きく進展し、その目標達成に寄与する研究成果も多く得られた。その中でも、中性原子のための、多重化量子インターフェースに関しては、原子アレイと光子の多重量子もつれ生成の実験系が構築され、10個の原子からなる原子アレイと10チャンネルの集積光導波路アレイを結合させ、開発した32チャンネル超伝導ナノストリップ単一光子検出器(SNSPD)システムを用いて、当時世界最大となる10多重光子の並列読み出しに成功した。また、100チャンネルへの拡張性も示された。さらに、イオントラップの高橋PJでも利用可能な量子周波数変換による偏光無依存な単一光子ルーティング技術を実証した。理論面では、小芦PJと連携し、ネットワーク型量子コンピュータによる誤り耐性分散量子計算のリソースとなる論理量子もつれ共有の理論を構築するとともに、中性原子量子コンピュータを含む2次元量子ビットアレイ間の多重物理量子もつれ配信から論理量子もつれ蒸留に至る基本プロトコルを提案した。これらの成果により、ネットワーク型量子コンピュータ実現に向けた要素技術を確立したことが大きな成果である。

(2) 代表的な論文

- ① Yuya Maeda, Yasunari Suzuki, Toshiki Kobayashi, Takashi Yamamoto, Yuuki Tokunaga, and Keisuke Fujii, “Logical entanglement distribution between distant two-dimensional array qubits”, *Physical Review Research* **8** (1), 013282 (2026).

小芦PJの鈴木氏、徳永PI、藤井PIとの連携研究の成果。原子アレイ量子コンピュータを含むネットワーク型量子コンピュータによる誤り耐性分散量子計算のリソースとなる論理量子もつれ共有の理論提案である。2次元量子ビットアレイ間に多重量子もつれ配信を行い、もつれ生成の成否に応じて再配列し、論理量子ビットに符号化することで、論理量子もつれ蒸留を可能にするネットワークによる大規模なプラットフォームを実現する上で非常に重要な成果である。

- ② Yuya Maeda, Toshiki Kobayashi, Takuma Ueno, Kentaro Shibata, Shinichi Takenaka, Kazuki Ito, Yuma Fujiwara, Shigehito Miki, Hirotaka Terai, Tsuyoshi Kodama, Hideki Shimoi, Rikizo Ikuta, Makoto Yamashita, Shuta Nakajima, and Takashi Yamamoto, “Waveguide-array-based multiplexed photonic interface for atom array”, arXiv: 2512.21533, submitted to Optica.

原子アレイと光子の多重量子もつれ生成の実験系を構築し、10 個の原子からなる原子アレイから 32 チャンネル中の 10 チャンネルの集積光導波路アレイに結合する実験を実施し、世界最大となる 10 多重光子の並列読み出しに成功した。さらに、結合した光子と原子の相関も確認した。また、本プロジェクトの研究開発項目1(研究開発課題2および3)で開発した 32 チャンネル SNSPD システムのうち、10 チャンネルを用いた。

- ③ Tomoaki Arizono, Toshiki Kobayashi, Shigehito Miki, Hirotaka Terai, Tsuyoshi Kodama, Hideki Shimoi, Takashi Yamamoto, and Rikizo Ikuta, “ $1 \times N$ DWDM channel selective quantum frequency conversion”, Optics Express **34**, 398–410 (2026).

量子周波数変換による偏光無依存な単一光子ルーティングを開発した。古典光を用いた偏光無依存性の確認と、また単一光子での 7 チャンネルルーティング実証を行い、十分な S/N が得られていることを確認し、100 チャンネル動作が可能なことを示した。光子検出には本プロジェクトで開発した SNSPD システムを用いた。

- ④ Masahiro Yabuno, Fumihiko China, Hirotaka Terai, and Shigehito Miki, “Superconducting wide strip photon detector with high critical current bank structure,” Optica Quantum **1**, 26 (2023).

高臨界電流バンク構造(high critical current bank; HCCB)を備えた新しい超伝導ワイドストリップ光子検出器(superconducting wide strip photon detector; SWSPD)を提案し、HCCB 構造を有する幅 20 μm の SWSPD により、波長 1550 nm の光子に対して、偏光に依存しない検出効率 78%以上、低ダークカウント率(dark count rate; DCR)約 80 cps、および低ジッタ 29.8 ps を同時に達成した。

4. 研究開発プロジェクトの実施内容および成果

(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・光多重量子ネットワーク技術

実施内容: 本研究開発課題では、原子の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、他の研究開発項目、イオントラップの高橋 PJ や理論の小芦 PJ と連携しつつ、小中規模の原子量子コンピュータを接続するための要素技術開発を行った。当該研究開発では研究開発課題2および3で開発される SNSPD システムの成果を利用しつつ研究開発を進めた。小芦 PJ との連携研究では、ネットワーク型量子コンピュータによる誤り耐性分散量子計算のリソースとなる論理量

子もつれ共有の理論構築を行い、中性原子量子コンピュータを含む2次元量子ビットアレイ間の多重物理量子もつれ配信から論理量子もつれ蒸留に至る基本プロトコルを提案した。研究開発計画当初には、原子集団量子メモリと光子の量子もつれ生成を実現していたが、研究開発開始時から、原子集団量子メモリを原子アレイ量子コンピュータへ置き換えた実験系の構築を始めた。そして、原子アレイと光子の多重量子もつれ生成の実験系を構築し、10 個の原子からなる原子アレイから 32 チャンネル中の 10 チャンネルの集積光導波路アレイに結合する実験を実施し、世界最大となる 10 多重光子の並列読み出しに成功した。また、本研究開発項目の研究開発課題2および3で開発した 32 チャンネル SNSPD システムのうち、10 チャンネルを用いた。これにより、ネットワーク型量子コンピュータのための論理量子もつれ共有の要素技術開発に成功した。さらに、イオントラップの高橋 PJ でも利用可能な量子周波数変換による偏光無依存な単一光子ルーティング技術も実証した。これにも、光子検出には研究開発課題2および3で開発した SNSPD システムを用いた。これにより、誤り耐性ネットワーク型量子コンピュータの実現に近づいた。

成果:

- 単一原子アレイを実現し、原子アレイと光子の量子インターフェース実験系を構築した。原子アレイから放射される単一光子の生成・評価技術確立し、原子-光子エンタングルメント評価に必要な基盤技術を開発した。研究開発課題 2 および 3 で開発した SNSPD システムを活用することで、10 原子アレイと集積光導波路を結合し、世界最大となる 10 多重光子の並列読み出しと原子-光子相関の観測に成功した。一方で、偏光無依存な量子周波数変換器を用いた単一光子ルーティング技術を開発し、100 チャンネル動作が可能なことを示した。
- 原子アレイ上で Rydberg 状態を利用した 2 量子ビットゲートを実現するために必要な光源系および測定系を構築した。Rb 原子の主量子数 $n=120$ までの Rydberg 状態遷移を観測し、Remote State Preparation 実証に向けた基盤技術確立した。
- 量子周波数変換を利用した低損失・高速な多チャンネル光子ルーティング技術を開発した。広帯域量子周波数変換により高効率な多チャンネル動作を確認し、32 チャンネルルーティングの実現可能性を示した。
- 光子のルーティング技術の研究開発において、光周波数モードを選択的に操作する“Optical Frequency Tweezers”を提案・実証するとともに、周波数多重量子もつれ光子対の生成を実証した。さらに、この技術を発展させ、共振器一体型量子周波数変換により、高効率・低ノイズ化を実現した。
- 理論面では、多重化光周波数モードを利用した新しい汎用量子コンピュータ方式を提案するとともに、ネットワーク型量子コンピュータの実現に向けて、多重物理量子もつれ配信から論理量子もつれ蒸留に至る基本プロトコルを提案した。

課題推進者：山本 俊（大阪大学 量子情報・量子生命研究センター）

研究開発課題2：多重化光子検出器開発

実施内容：量子コンピュータを接続して大規模なネットワーク型量子コンピュータを実現するためには、超伝導ナノストリップ単一光子検出器(SNSPD)の多重化が重要となる。本研究開発では、薄膜特性設計のためのシミュレーション環境と素子評価環境を整備し、超伝導薄膜成膜、パターニング、素子評価までの製造・評価プロセスを立ち上げ、再現性ある作製フローを確立した。プロセスの内製化により、特性評価結果のフィードバックを高速化し、高感度化を実現した。多重(多チャンネル)化では、30 チャンネル規模の SNSPD 冷凍システムを設計・作製し、信号線の熱流入や配置、真空気密性を評価しながら改良を重ね、極低温下での同軸配線断線・コネクタ信頼性・取り回し等の課題を部材選定と実装最適化で対策した。これらの評価・改良を踏まえ、32 チャンネル冷凍システムの開発へ展開した。さらに、山本俊 PM の研究開発項目へ提供し、加えてプロジェクト間連携として、高橋 PM のプロジェクトへも提供することで、合計 9 システム、187 チャンネルを提供した。目標としていた 120 チャンネル規模の提供を着実に進める中で、プロジェクト内外のニーズに応じて提供範囲を拡大し、結果として当初計画を上回る延べ 187 チャンネルの提供に至った。最終的に冷凍機・回路・計測系を 19 インチラックへ一体化したラック型システムを開発し、配線・設置・立上げ作業を省力化するとともに、システムのコンパクト化と可搬性を大幅に改善した。

成果：

- SNSPD 製造装置を導入し、内製 SNSPD 製造プロセスを確立した。
- 32 チャンネルの SNSPD 冷凍システムを開発した。
- 山本俊 PM、高橋 PM の研究開発項目へ合計 9 システム、187 チャンネルの SNSPD システムを提供した。

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

実施内容：現状の超伝導ナノストリップ単一光子検出器(SNSPD)の性能にとどまらず、本研究プロジェクトで適用される SNSPD システムの高性能化および、超多チャンネル化に向けた集積化に関する開発を実施した。SNSPD システムの高性能化に関しては、物理系に依存する様々な波長に対して、高効率化および低暗計数化等を実現することに成功し、検出効率 95%以上、暗計数率 1 カウント/秒以下の性能を実現した。また、集積化に関

する技術開発に関しては、複数個の SNSPD からの信号を極低温下で多重化する技術や、光ファイバアレイと多チャンネル SNSPD システムの高効率光結合に関する基盤技術を開発した。

成果：

- 非周期構造誘電体多層膜を用いて NbTiN 薄膜の光吸収率を最適化し、検出効率は 850 nm で 81%、880 nm で 91%を達成し、さらに 780 nm 用 SNSPD では暗計数率 0.005 cps の超低値を実現した。
- NbTiN 成膜および微細加工プロセスの最適化により SNSPD の内部検出効率を向上させ、性能改善と超伝導ワイドストリップ光子検出器の開発を達成した。
- 裏面干渉の抑制と黒体輻射低減により、1550 nm で検出効率 91.8%と暗計数率 1.136 cps を同時に達成した。
- 幅 20 μm の超伝導ワイドストリップ光子検出器で、検出効率 78%・暗計数率 80 cps に加え、優れた低ジッタ特性 (29.8 ps) と完全偏光無依存性を世界で初めて実現した。
- 高精度かつ高信頼な光子検出器評価手法を確立し、最終年度にシステム検出効率 95%以上を達成した。
- 超伝導単一磁束量子 (SFQ) による時間多重化回路を開発し、複数 SNSPD からの入力信号の時間多重出力を実現するとともに、16 チャンネル対応回路の開発と動作実証に成功した。
- 嵌合穴付テストチップを形成し、MT コネクタとの嵌合試験を通じて、多チャンネル SNSPD アレイチップと光ファイバアレイの高効率光結合の実現可能性を確認した。
- 希釈冷凍機により最大 52 チャンネルの SNSPDを導入・駆動可能なシステムを開発し、SFQ 回路による多重化技術との併用によるさらなる大規模化の可能性を示した。
- 波長 405 nm における光子応答特性の動作温度依存性を測定し、5.5 K でも高い内部検出効率を確認するとともに、イオントラップとの同一冷凍機内での同時動作可能性を示した。

課題推進者：三木 茂人（情報通信研究開発機構）

(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

実施内容：光子量子ビットは他の量子系と比較して格段に高いコヒーレンスを持ち、室温においても全く量子性を失わず、光ファイバーによって長距離伝送できるという優れた特長を持つ。また、線形光学素子によって任意の1量子ビット操作を高いフィデリティで簡単に実現できる。さらに、時間多重により、光子源の数と比較して多くの量子ビットを使うことができる。これらの特長を持つ光子量子ビットによる量子計算の研究開発において、現在主流の方式はパラメトリック下方変換と光子検出に基づくが、光子量子ビット源・光子クラスター状態源等の必須の要素の動作が確率的であ

るため、有意な規模の実装には膨大なリソースが必要であるという大きな課題を抱えている。これらの要素を決定論的に動作する手法で実現できれば、光子量子ビットによる量子計算の大幅な効率化が可能となる。本研究開発項目では、小中規模の光子量子コンピュータの実現を目指し、ナノファイバー共振器 QED 技術に基づく光子ネットワーク技術を開発した。

成果：

- ナノファイバー共振器 QED 系に基づく1次元光子クラスター状態生成の基盤技術を開発した。
- セシウム原子 D2 線の Λ 型 3 準位構造を利用し、標準的な Duan-Lukin-Cirac-Zoller スキームをナノファイバー共振器 QED 系に応用するための、書き込み・読み出しプロセスを実現した。

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

実施内容：シリコン量子ビット間接続技術と光子インターフェース技術の開発を中心に研究開発を行ってきた。シリコン量子ビット間の接続法として浮遊ゲート、スピン鎖、超伝導共振器を検討し、特にコンベヤースピンシャトル法が有力であると結論付けた。断熱過程の高速化に成功し、シャトルや断熱量子状態遷移の高速化の可能性を示した。さらにゲルマニウム量子ドットを用いた光子ースピン変換を世界に先駆けて提案し、通信波長帯での量子インターフェースの可能性を示した。加えて遠隔量子ビット間の光接続に向け、低温光ファイバー伝送やもつれ光子対源を構築し、電子スピンへの変換効率向上の見通しを得た。これらの成果は大規模量子コンピュータ実現に向けた重要な基盤技術である。

成果：

- コンベヤースピンシャトル法を現時点で最適な Si 量子ビット間結合法として選定した。
- ショートカット法をスピン量子ビットに初めて実装し、断熱過程を用いる量子操作の高速化可能性を実証した。
- スピンコヒーレンス時間の延長とラビ振動の高速化を同時に達成する増強 Flopping モード電子スピン共鳴法を開発した。
- 水野 PJ との連携により、2 次元シリコン量子ビットアレイ間を接続するための多重コンベヤースピンシャトル法を提案・開発した。
- 小芦 PJ の都倉 PI との共同研究により、ゲルマニウム量子ビットに対する光子偏光一正孔スピン量子状態転写を世界に先駆けて提案し、さらに作製プロセス

の改善により高品質なゲルマニウム量子ドットを実現した。

- 低温光ファイバー伝送システムともつれ光子対源の構築により、もつれ光子対から遠隔量子ドット中の電子スピンへ量子もつれを変換する実験が可能な実験システムを確立した。

課題推進者：大岩 颯(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

実施内容：本研究開発課題では、超伝導量子コンピュータのネットワーク化および大規模化に必要不可欠な量子トランスデューサー技術の実現を目的として、ダイヤモンド中の不純物スピンを媒介としたマイクロ波－光子変換技術の研究開発を推進した。研究期間を通じて、極低温環境下における高安定光共振器技術、ダイヤモンド結晶を組み込んだマイクロ波－光複合共振器デバイス、およびスピン集団を用いた量子インターフェース技術を構築した。特に、無冷媒希釈冷凍機内において、バルクダイヤモンドを含む光共振器を安定動作させることに成功し、さらにコヒーレント状態のマイクロ波－光変換を実証した。

また、量子メモリ動作や超伝導量子ビットとの統合に向けて、周波数可変超伝導共振器の設計・試作、非古典的状态変換のための測定系構築を終えた。加えて、本研究で培ったダイヤモンドスピン量子デバイス技術を発展させ、極低温マイクロ波メーザー増幅器の研究へも展開し、新たな低雑音量子計測技術としての可能性を示した。

これらの成果により、超伝導量子コンピュータを光量子ネットワークへ接続するための基盤技術を確立し、将来的な分散型量子コンピュータおよび量子サイバースペース実現に向けた重要なマイルストーンを達成した。

成果：

- 無冷媒希釈冷凍機中において、バルクダイヤモンド結晶を含む光共振器を極低温環境下で安定動作させることに成功した。また、マイクロ波－光複合共振器デバイスの設計・試作・評価を行い、量子トランスデューサー実現に向けた基盤技術を確立した。
- コヒーレント状態におけるマイクロ波から光への変換の初期実証に成功した。また、スピン集団との強結合やスピン緩和時間測定を実現し、量子メモリ動作および高効率量子変換に向けた基礎データを取得した。さらに、周波数可変超伝導共振器の設計・試作を完了し、非古典的量子状態を用いた量子メモリおよび量子変換実験に向けた準備を整えた。
- 超伝導量子ビットとの統合実験に向けた測定系およびデバイス基盤を構築し、非古典的量子状態変換実験に向けた準備を整えた。また、ダイヤモンドスピン集団を用いた

極低温マイクロ波メーザー増幅器において、量子限界雑音に近い超低雑音マイクロ波増幅動作を実証した。これにより、超伝導量子コンピュータおよび量子ネットワークに必要な低雑音量子インターフェース技術への展開可能性を示した。

課題推進者：久保 結丸(沖縄科学技術大学院大学)

5. 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 量子情報・量子生命研究センターの下に構成した PM 支援体制チーム(PM 補佐 1 名、事務補佐員 2 名)と共にプロジェクトマネジメントを推進した。
- 研究開発プロジェクトの推進に関する重要事項について必要な連絡及び調整を行うため、運営会議を設置している。運営会議の構成は、PM を議長とし、参加機関等(代表機関、研究開発機関および JST)を参加者とする。
- PM 主催で課題推進者会議を半年に1回のペースで開催した。各課題推進者から進捗状況についての詳細な報告を受け、さらにプロジェクト推進に向けての意見交換を行った。また、PM から各重要事項の連絡や報告を行い、円滑なプロジェクト運営に努めた。
- 上記の課題推進者会議とは別に、各課題推進者と頻繁に情報交換を行い、研究開発状況の詳細な把握に努めた。
- 研究開発の進捗状況把握のため、PM によるサイトビジットを 6 回実施した。
 - ① 令和3年3月17日に沖縄科学技術大学院大学 (OIST) の久保 PI の研究室を訪問し、実験室の立ち上がり状況を確認した。さらに、当時の OIST 学長であった Peter Gruss 博士とも懇談し、OIST における研究サポート体制および量子技術の強化に関して情報交換を行った。
 - ② 令和 4 年 12 月 14 日に下井 PI が所属する浜松ホトニクス株式会社 豊岡製作所の電子管事業部を訪問し、研究進捗状況の打合せ、および研究開発環境の視察を行った。
 - ③ 令和 5 年 5 月 31 日に大阪大学産業科学研究所の大岩 PI の研究室へのサイトビジットを実施し、研究開発の進捗状況についての説明を受け、実験室を視察した。
 - ④ 令和 6 年 9 月 27 日に大阪大学産業科学研究所の大岩 PI の研究室へのサイトビジットを行い、研究開発状況ならびに、半導体量子ドットの極低温実験装置、さらに令和 4 年度に導入された超高分解能電子線リソグラフィー装置などの大型研究設備を視察した。
 - ⑤ 令和 6 年 9 月 27 日、上記視察に引き続き、NICT 神戸フロンティア研究センターを訪問し、センター内にある三木 PI の研究室およびクリーンルームへのサイトビジットを行った。クリーンルーム内では超伝導成膜装置やエッチング装置などの大型設備を見学し、SNSPD の研究開発状況を視察した。
 - ⑥ 令和 7 年 2 月 13 日に早稲田大学の青木 PI の研究室へのサイトビジットを行い、ナノファイバー共振器と強く結合した単一 Cs 原子を用いた光子の量子クラスター状態

発生に関する研究開発の進捗状況を視察した。さらに、下井 PI グループから青木 PI グループに提供された 12 チャンネル SNSPD システムの稼働状況についても確認した。

プロジェクト内での研究連携の促進

- 山本俊プロジェクトの参加メンバーを対象とした研究会をオンラインで開催した。各 PI のグループから数名が発表を行った。令和 4 年 1 月 19 日、5 月 10 日、6 月 14 日、7 月 12 日の計 4 回開催し、毎回 20 名ほどの参加者があり盛況であった。最新の研究開発状況についてメンバー間で活発な議論を行うことで、量子技術関連の知識が共有でき、プロジェクト内での研究連携強化に貢献した。

プロジェクト間連携の進捗状況把握ならびに体制強化

- 目標 6 プログラムで開発されている各種量子ビットのネットワーク化に向けて、目標 6 プログラムの他プロジェクトとの研究連携を積極的に推進した。
- プロジェクト間連携強化に向けたミーティングの実施 計 5 回
 - ① 水野 PJ-山本俊 PJ 連携ミーティング（令和 3 年 3 月 26 日 オンライン開催）
水野 PM のグループと、山本俊 PJ の大岩 PI グループが半導体スピン量子ビットに関する研究連携を進めていく上での、研究課題さらには今後の進め方などについて打ち合わせを行った。
【参加者】 水野 PM、山本俊 PM、大岩 PI ほか 計 11 名
 - ② 山本剛 PJ-山本俊 PJ 連携ミーティング（令和 3 年 9 月 14 日 オンライン開催）
山本剛 PM のグループと、山本俊 PJ の久保 PI グループとの間での超伝導量子ビットに関する研究連携について、今後の方針について打ち合わせを実施した。
【参加者】 山本剛 PM、山本俊 PM、久保 PI ほか 計 5 名
 - ③ 高橋 PJ-山本俊 PJ 連携ミーティング（令和 3 年 9 月 24 日 オンライン開催）
高橋 PM のグループと、山本俊 PJ の下井 PI、三木 PI のグループでの研究協力の一環である光子検出器の提供に関する打合せを実施した。特に、検出器に搭載するデバイス実装と検出波長帯域について議論ならびに意見交換を実施した。
【参加者】 高橋 PM、野口 PI、山本俊 PM、三木 PI、下井 PI ほか 計 10 名
 - ④ 水野 PJ-山本俊 PJ 技術交流会
（令和 6 年 7 月 19 日 日立製作所 中央研究所にて対面開催）
研究連携を加速させる目的で大岩 PI グループと共に日立製作所 中央研究所を訪問し、技術交流会に参加した。水野 PM のグループからはシリコン量子コンピュータのシステム・アーキテクチャ（ハードウェアとソフトウェア）に関する発表があり、山本俊 PJ からは大岩 PI がシリコン量子ビット間接続に関する発表を行った。活発な議論や意見交換を通して、研究協力を行うに際してのそれぞれのプロジェクトでの検討課題が明確になった。さらに、水野 PM のグループの実験室で希釈冷凍機などの大型設備を見学し、重要な技術情報の共有が行われた。

【参加者】水野 PM、山本俊 PM、大岩 PI ほか 計 20 名

⑤ 水野 PJ-山本俊 PJ 技術交流会

(令和 6 年 11 月 29 日 大阪大学 産業科学研究所にて対面開催)

研究連携をさらに加速させる目的で大岩 PI が所属する大阪大学産業科学研究所に水野 PM をはじめ、水野 PJ のメンバーを招き、技術交流会を開催した。前半の討論会では、それぞれのプロジェクトでの進捗状況が報告され、今後のプロジェクト間連携について、活発な意見交換を行った。後半は、水野 PJ のメンバーに大岩 PI の実験室を見学してもらい、シリコン量子ビット開発における技術情報の共有を進めた。

【参加者】水野 PM、山本俊 PM、大岩 PI ほか 計 19 名

● ムーンショット目標 6 プログラム 内部ワークショップの開催

令和 6 年 8 月 7 日から 8 月 9 日までの 3 日間、大阪大学豊中キャンパスにおいて、ムーンショット目標 6 プログラムで原子(イオンを含む)を量子ビットとして誤り耐性量子コンピュータの研究開発を進めているプロジェクトから若手研究者を中心にメンバーが集い、プロジェクト間連携強化に向けた内部ワークショップを開催した。参加した各プロジェクト(山本俊 PJ、青木 PJ、大森 PJ、高橋 PJ)からは最新の研究成果や技術情報に関する発表があり、連日、活発な議論や意見交換が繰り返された。参加者の数は 66 人に達し、プロジェクト間連携が促進され、非常に有意義なワークショップであった。

研究開発プロジェクトの展開

- 光子検出器の研究開発において、浜松ホトニクス株式会社 下井 PI のグループによる SNSPD システムの内製化が著しく進展した。SNSPD の特性向上に関する取り組みの結果、開発スピードが向上し、優れた特性を有する SNSPD が内製可能になった。これは、三木 PI のグループによるデバイス作製に関する技術協力と、山本俊 PM のグループによる SNSPD 性能評価結果のフィードバックが適切に機能した結果であり、プロジェクト内の連携体制の成果である。
- プロジェクト間連携の一環として、理論の小芦プロジェクトとは目標 6 プログラムの開始当初より緊密な協力関係を維持してきた。また、各種量子ビットのネットワーク化に向けて、イオントラップの高橋プロジェクト、シリコン量子コンピュータの水野プロジェクト、樽茶プロジェクト、超伝導量子コンピュータの山本剛プロジェクト、光量子コンピュータの古澤プロジェクトとの研究連携を積極的に進めてきた。顕著な成果として、下井 PI グループが紫外線近傍から赤外線近傍までの様々な可視光波長に対応した 12 チャンネル SNSPD システムの開発に成功し、イオントラップ用として、令和 6 年度に高橋プロジェクトに提供した。
- 国際連携強化についても、精力的に取り組んだ。山本俊 PI のグループから研究参加者 4 名をそれぞれ、令和 4 年 9 月 22 日よりペンシルベニア大学、令和 5 年 8 月 31 日よりクイーンズランド大学、令和 5 年 9 月 9 日よりウィーン大学、令和 5 年 10 月 3 日よりミュンヘン大学に約 3 カ月間短期派遣し、本プロジェクトで研究開発を進めているネットワ

ーク型量子コンピュータに関する研究協力体制を構築した。一方で、久保 PI を令和 4 年 11 月 14 日より、ヘルシンキ(フィンランド)、ワルシャワ(ポーランド)およびロンドン(イギリス)に短期派遣し、訪問先の各研究機関で共同研究の実現可能性について議論した。さらに、久保 PI と久保グループの研究参加者 2 名を令和 5 年 11 月 30 日よりフランスのサクレ研究所(CEA-Saclay)に短期派遣し、スピアンサンプルを用いたマイクロ波量子メモリの共同研究を開始した。

- ELSI/数理科学等に関する取組みとして、令和 4 年 3 月 30 日に出版された国立国会図書館の科学技術に関する調査プロジェクト 2021 報告書「量子情報技術」の執筆に際しては、大阪大学 社会技術共創センター(ELSI センター)のセンター長である岸本充生教授から貴重なアドバイスを頂いた。本研究開発プロジェクトでは、研究開発の推進と並行して、ELSI への取組みを継続的に検討し、アウトリーチ活動等に反映させることで、社会的理解の向上に寄与した。

(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として、知財運用会議を設置し、知財戦略の体制を整えた。構成員は議長：山本俊 PM、参加者：JST および知的財産権の利害関係者とした。令和 5 年 2 月 14 日に知財運用会議を開催した。会議前半では大阪大学 町田尚子特任准教授に「量子コンピューティング及びその関連技術の特許出願動向について」と題した講演を依頼し、その後、講演で得た知見をもとに、関係者間で本研究開発プロジェクトにおける知的財産権の運用および知財戦略についての討論を行った。
グローバルな特許出願動向を踏まえた知財戦略に基づき研究開発を推進した結果、プロジェクト実施期間中に多数の特許出願(国内 5 件、国際 12 件)を創出した。今後は後半 5 年のプロジェクト「誤り耐性ネットワーク型量子コンピュータ」の実現に向けて、これまで創出した特許群を基盤として、重点技術領域における出願の質的向上および国際展開の強化を図るとともに、権利化および活用を見据えた戦略的な知財マネジメントを推進する予定である。
- 量子コンピュータのプラットフォームとなる物理系(超伝導、光、原子・イオン、半導体)での最新の技術動向の把握に努め、有益な情報は各課題推進者と共有した。今後は、それぞれの技術成熟度および国際競争動向を踏まえたベンチマーク評価を実施し、重点領域の選択と集中を進めるとともに、研究開発の戦略的高度化を図る。

(3) 広報、アウトリーチ

広報活動の一環として、下記のプレスリリースを実施した。

- プレスリリース(8 件)
 - ① 【タイトル】 量子コンピュータに向けたハイエンドな国産超伝導ナノストリップ単一光子検出器システムのフィールド実証に成功
【発表日】 令和 4 年 9 月 16 日
【発表者】 山本俊 PM、下井英樹 PI、小玉剛史、三木茂人 PI
【内容】 本研究開発プロジェクトのもと、浜松ホトニクス株式会社、NICT および大阪

大学が共同で、10チャンネル規模の超伝導光子検出器システムを試作、検証を行い、国産化への道筋をつけた。

- ② 【タイトル】 量子光のパルス波形を自在に制御する手法を開発
—光量子コンピュータの基幹となる「究極の量子光源」実現へ—
【発表日】 令和4年10月29日
【発表者】 高瀬 寛（古澤プロジェクト）、古澤 明 PM（古澤プロジェクト）、
三木 茂人 PI（山本俊プロジェクト）、梅木 毅伺 PI（古澤プロジェクト）
【内容】 古澤プロジェクトと山本俊プロジェクトとの連携により、あらゆる量子光を所望のパルス波形で出力する光源である「量子任意波形発生器」を提唱し、その核心となる技術である量子光のパルス波形を自在に制御する手法を実現した。
- ③ 【タイトル】 半導体量子ビット2次元配列の高精度制御設計手法を開発
～半導体量子コンピュータの実現に向けて～
【発表日】 令和4年12月13日
【発表者】 木山 治樹、中村 駿吾、大岩 颯 PI
【内容】 本研究開発プロジェクトのもと、量子ドット2次元配列における電子スピン制御の実現に向けて、微小磁石が発生する磁場分布の数値シミュレーションにより、2行2列量子ドット配列用の微小磁石形状設計手法を開発した。
- ④ 【タイトル】 高性能超伝導ワイドストリップ光子検出器の開発に世界初成功
～従来のナノストリップ型検出器の200倍以上の線幅で高性能を実現～
【発表日】 令和5年10月30日
【発表者】 三木 茂人 PI
【内容】 本研究開発プロジェクトのもと、SNSPDにおいて、ストリップ幅を広くしても高効率に光子検出が可能となる新奇構造を創案し、ナノストリップ型に比べて200倍以上ストリップ幅が広い“超伝導ワイドストリップ光子検出器”の開発に世界で初めて成功した。
- ⑤ 【タイトル】 伝搬する光の論理量子ビットの生成
—大規模誤り耐性型量子計算への第一歩—
【発表日】 令和6年1月19日
【発表者】 古澤 明 PM（古澤プロジェクト）、三木 茂人 PI（山本俊プロジェクト）
【内容】 古澤プロジェクトと山本俊プロジェクトとの連携により、誤り耐性型量子コンピュータに必要な論理量子ビットを世界で初めて1つの光パルスを用いて生成させることに成功した。生成した量子ビットの性能をさらに向上させ、既存の大規模光量子プロセッサと組み合わせることで、大規模誤り耐性型高速光量子コンピュータの実現が期待される。
- ⑥ 【タイトル】 \誤り耐性量子コンピュータ開発を加速！/
安定量子演算に対するショートカット法を実現
【発表日】 令和6年2月20日
【発表者】 藤田 高史 PI（樽茶プロジェクト）、大岩 颯 PI（山本俊プロジェクト）
【内容】 樽茶プロジェクトと山本俊プロジェクトとの連携により、半導体中の単一電子スピンに世界で初めてショートカット法を適用し、量子ビット情報を確実に操作する安定量子演算を高速化する手法を開発した。この技術により、誤り耐性付き半導体量

子コンピュータの実現が大きく進展すると期待される。

- ⑦ 【タイトル】 半導体量子ビットの高精度読み出し法を開発
～大規模半導体量子コンピュータの読み出し法の確立へ向けて～
【発表日】 令和6年10月3日
【発表者】 木山 治樹、大岩 顕 PI
【内容】 量子ビット性能によらず読み出しエラーを大幅に低減可能な新たなスピン量子ビット読み出し法を考案し、これまでの世界最高精度に匹敵する高精度読み出しを実現した。今回開発した手法はスピン量子ビットの大規模配列においても高精度を維持することが予想され、大規模半導体量子コンピュータの実現に向けた進展が期待される。
- ⑧ 【タイトル】 光量子状態の高速生成
——光通信技術による光量子コンピュータの加速——
【発表日】 令和6年11月1日
【発表者】 古澤 明 PM (古澤プロジェクト)、 梅木 毅伺 PI (古澤プロジェクト)、
三木 茂人 PI (山本俊プロジェクト)
【内容】 古澤プロジェクトと山本俊プロジェクトとの連携により、従来の量子光源・測定器による速度の制限を打破し、光量子状態の生成レートを1000倍程度向上させた。これにより準決定論的な状態生成が可能になり、超高速光量子コンピュータの実現が期待される。

その他の広報活動として

- プロジェクトホームページの公開
(日本版 URL: <https://qcnqc.jp> 英語版 URL: <https://qcnqc.jp/en/>)

ホームページでは、プロジェクト概要、さらには各研究開発課題をコンパクトに分かりやすく紹介している。プロジェクトに関するプレスリリースやニュースなどを、このホームページを通じて、タイムリーに情報発信した。また、論文や学会発表などの研究成果は定期的に更新し、このホームページから最新の成果情報を入手できるようにした。



- Nature 誌の Focal Point でのプロジェクト紹介記事の掲載
ムーンショット目標 6 プログラムの紹介記事掲載に合わせて、小坂 英男 PM、永山 翔太 PM と共同で、量子ネットワークを担当しているそれぞれのプロジェクトの紹介記事を Nature 誌の Focal Point に掲載した。

紹介記事タイトル: Ushering in a new era in computing

URL: <https://www.nature.com/articles/d42473-023-00441-w>

期間中に本プロジェクトの研究参加者が実施した主なアウトリーチ活動を下記にまと

める。

- 文部科学省「一家に1枚 量子と量子技術」の制作
全国の小中高の学校や科学館等に配布される文部科学省「一家に1枚 量子と量子技術」の制作に山本俊 PM は監修代表として協力し、文部科学大臣との意見交換や自民党での講演会を行い、広く量子コンピュータの理解を広めるアウトリーチ活動を行った。



- 調査報告書
【タイトル】 科学技術に関する調査プロジェクト 2021 報告書 「量子情報技術」
【著者】 山本俊 PM、藤井啓祐 PI(小芦プロジェクト)、市川翼(大阪大学)、
山下真(山本俊プロジェクト PM 補佐)、
根来誠 PI(山本剛プロジェクト)、
野口裕信(大阪大学)、松岡智代(大阪大学)、
町田尚子(大阪大学)、藤田維明(大阪大学)

【発行日】 令和4年3月30日

【編集】 国立国会図書館調査及び立法考査局

【発行】 国立国会図書館

【国立国会図書館 HP URL】

<https://www.ndl.go.jp/jp/diet/publication/document/2022/index.html#rm1234023>



- 国立国会図書館 国会議員向け政策セミナー
【日時】 令和4年5月24日(火) 16:00~17:00
【発表者】 山本俊 PM、藤井啓祐 PI(小芦プロジェクト)
【開催方式】 オンライン
【内容】 令和4年3月30日に出版された国立国会図書館の科学技術に関する調査プロジェクト 2021 報告書「量子情報技術」について、執筆者を代表して山本俊 PM、藤井啓祐 PI が国会議員向けにセミナー講演を行った。報告書にまとめられている量子情報技術の概要、研究開発動向、社会実装の課題といった様々なトピックについて、非専門家向けに分かりやすく解説した。
- プロジェクト成果物の展示 (2 件)
① 【展示先】 G7 科学技術大臣会合
【展示日】 令和5年5月12日(金)

【場所】 宮城県仙台市秋保温泉 ホテル佐勘
【展示物】 32 チャンネル SNSPD システム 1台、SNSPD パッケージ、展示パネル
【説明者】 山本 俊 PM、三木 茂人 PI、小玉 剛史

② 【展示先】 PHOTON FAIR 2023

【展示日】 令和5年 11 月 16 日(木)～18 日(土)

【場所】 静岡県浜松市 アクトシティ浜松

【展示物】 32 チャンネル SNSPD システム 1台、SNSPD パッケージ、展示パネル

【説明者】 下井 英樹 PI、小玉 剛史

● 国際ワークショップの開催 (2 件)

① 【会議名】 International Workshop on Quantum Information Engineering (QIE2023)

【開催期間】 令和 5 年 10 月 11 日(水)～13 日(金)

【開催場所】 沖縄科学技術大学院大学(OIST)

【組織委員会 委員長】 大岩 顕 PI

【会議概要】 量子情報工学の広範な分野のトップ研究者を招待し、ムーンショット目標 6 に参加する研究者を中心とした国内研究者との議論の場とともに、海外研究者との連携を探る機会を提供した。

② 【会議名】 Impurity Spins for Quantum Information Science and Technologies (iSQIT24)

【開催期間】 令和 6 年 12 月 3 日(火)～5日(木)

【開催場所】 沖縄科学技術大学院大学(OIST)

【組織委員会 委員長】 久保 結丸 PI

【会議概要】 ムーンショット目標 6 が目指している誤り耐性型汎用量子コンピュータの実現に向けて、不純物スピンを用いた量子情報技術に関する国際ワークショップである。山本俊プロジェクトが研究開発している分散型量子コンピューティングにおいて重要になる「量子通信」、「量子メモリ」、「ハイブリッド量子系」および「量子コンピューティングのための素材」のトピックに対して、世界トップレベルの海外研究者 10 名を招聘した。国内からの招待講演者 8 名のうち 5 名が目標6に参画している若手研究者であり、ワークショップでは最新の研究成果が発表され、活発な議論が繰り広げられた。

● 国内シンポジウム開催

【会議名】 QIQB×QCNQC シンポジウム「光子検出技術」

【開催日】 令和 3 年 3 月 26 日(金)

【開催方式】 オンライン

【会議内容】 「光子検出技術」は量子コンピュータや量子インターネットなどの量子情報技術のみならず、究極のテクノロジーとして、様々な応用分野に広がりを見せている。この重要なテーマに関して、第一線で活躍している研究者を招き、基礎研究から実用化開発にいたるまでの多岐にわたり、最新の技術動向を紹介してもらうシンポジウムをオンラインで開催した。

● 国際シンポジウムの企画運営 (2 件)

① 【会議名】 Quantum Innovation 2023(QI2023)

【開催期間】 令和 5 年 11 月 15 日(水)～17 日(金)

【開催場所】 東京コンベンションホール

【実施内容】 ムーンショット目標 6 として、Quantum Computing Track の企画運営を

小芦プロジェクトと山本俊プロジェクトが共同で担当

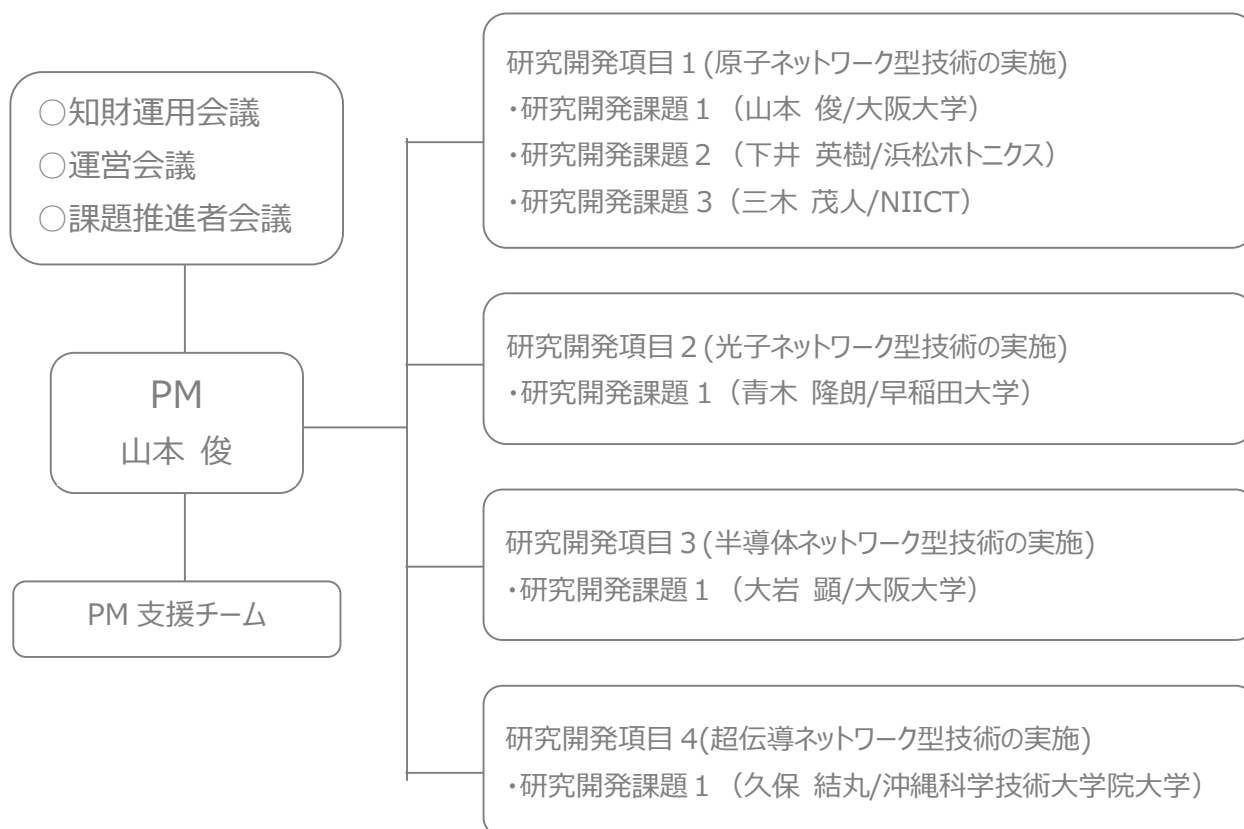
- ② 【会議名】 Quantum Innovation 2025 (QI2025)
【開催期間】 令和 7 年 7 月 29 日 (火)～8 月 2 日 (土)
【開催場所】 コングレススクエアグラングリーン大阪
【実施内容】 山本俊 PM が LOC chair と Quantum Cryptography & Communication Track の Vice Track Chair を務め、ムーンショット目標 6 として、量子技術に関する国際シンポジウム QI2025 の企画運営を行った。
- 量子情報技術スクールの企画運営
【名称】 2023 年度 QIH-MS6 量子情報技術スプリングスクール
【開催期間】 令和 6 年 3 月 12 日 (火)～16 日 (土)
【開催場所】 神奈川県三浦郡葉山町 湘南国際村センター
【実施内容】 ムーンショット目標 6 として、スクールの企画運営を山本俊 PM が担当

これ以外にも、中学・高校への出張授業、大学イベントでのラボツアーや模擬実験、さらには一般社会人向けの講義などの様々なアウトリーチ活動を積極的に実施し、量子情報技術分野の普及に努めた。

(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策定し、これに基づき適切なデータ管理を実施した。本プロジェクトを通じて蓄積されたデータマネジメントに関する知見については、令和 8 年度からの後半プロジェクトにおいて活用する予定である。

6. 研究開発プロジェクト推進体制図



知財運用会議 構成機関と実施内容

議長：山本俊 PM、 参加者：JST および協議の対象となる知的財産権に直接的または間接的に利害関係を有する研究開発機関等の一部または全部。

実施内容：研究開発プロジェクトにおける知的財産権の運用および知財戦略について議論する。

課題推進者会議、および運営会議

議長：山本俊 PM、 参加者：参画機関（課題推進者、JST 等）

実施内容：1～2か月に1回のペースで課題推進者会議を開催し、進捗状況の報告や各種連絡、さらにプロジェクト推進に関して意見交換を行った。重要案件については、別途運営会議を開催し、決議を行う。

プロジェクト研究会

参加者：山本俊 PM、課題推進者、プロジェクト参加者、関係者

実施内容：プロジェクトの参加メンバーを対象とした研究会を開催した。プロジェクト内のチームから数名発表し、メンバー間で活発な議論を行うことで、量子技術関連の知識を共有した。