



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

2023年度版

量子計算網構築のための

量子インターフェース開発

小坂 英男

横浜国立大学 大学院工学研究院/
先端科学高等研究院



1. 当該年度における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

分散型の大規模量子コンピュータネットワークの実現に必要な量子通信ネットワークの研究開発を行う。計算用量子ビットとして、既に実用化が始まっている超伝導量子ビットだけでなく、基礎研究の段階にあるシリコン、イオン、光量子などを含めた異種量子ビット間でのハイブリッド量子接続を可能とする量子インターフェースの要素技術を開発する。具体的には、量子誤り耐性を有するダイヤモンド量子メモリと共振器増強効果を有するオプトメカニカル結晶を融合することで、忠実度と効率を両立したハイブリッド量子トランスデューサを開発し、マイクロ波光子と通信用光子間の量子インターフェースを実現することで通信用光子を介した計算用量子ビット間の量子ネットワーク接続を可能とする。

(2) 研究開発プロジェクトの実施状況

3つの研究開発項目における計10個の研究開発課題について下記の研究開発を実施した。全体として順調に推移しており、一部では目標を大きく上回る成果も出ている。

○研究開発項目1:ダイヤモンド量子メモリ

➤ 研究開発課題1:ダイヤモンド量子メモリの研究開発(課題推進者:小坂 英男(国立大学法人横浜国立大学))

- 量子もつれ光源の開発
- 量子メモリの誤り耐性万能量子ゲート操作
- 量子メモリ内での完全ベル測定
- レーザー照射によるダイヤモンド中の色中心の生成

➤ 研究開発課題2:ダイヤモンド量子構造の研究開発(課題推進者:加藤 宙光(国立研究開発法人産業技術総合研究所))

- ダイヤモンド電荷状態の安定化
- ダイヤモンドナノ構造の作製
- ダイヤモンドピエゾ構造の作製

➤ 研究開発課題3:ダイヤモンド量子結晶の研究開発(課題推進者:寺地 徳之(国立研究開発法人物質・材料研究機構))

- ダイヤモンド高純度結晶の作製

➤ 研究開発課題4:ダイヤモンド色中心の研究開発(課題推進者:小野田 忍(国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構))

- ダイヤモンド色中心の生成
- ダイヤモンド色中心の生成位置の制御

○研究開発項目2:オプトメカニカル共振器

➤ 研究開発課題1:フォトニック結晶光共振器の研究開発(課題推進者:岩本 敏(国立大学法人東京大学))

- ダイヤモンドフォトニック結晶共振器の構造設計
- ダイヤモンドフォトニック結晶共振器による光子と量子メモリの結合増強
- ダイヤモンドハイブリッド実装技術の検討

➤ 研究開発課題2:フォトニック結晶光共振器実装技術開発(課題推進者:馬場 俊彦

(国立大学法人横浜国立大学))

- 結合構造設計
 - ダイヤモンドフォトリソニック結晶共振器による光子と量子メモリの結合増強
 - ダイヤモンドハイブリッド実装技術の検討
- 研究開発課題3:フォトリソニック結晶音共振器の研究開発(課題推進者:野村 政宏(国立大学法人東京大学))
- ダイヤモンドフォトリソニック結晶共振器の設計
 - ダイヤモンドフォトリソニック結晶共振器の実験的評価

○研究開発項目3:ピエゾマイクロ波共振器

- 研究開発課題1:ピエゾマイクロ波共振器の研究開発(課題推進者:小坂 英男(国立大学法人横浜国立大学))
- ピエゾマイクロ波共振器の材料探索、構造設計
- 研究開発課題2:量子制御電子集積回路の研究開発(課題推進者:吉川 信行(国立大学法人横浜国立大学))
- ダイヤモンド量子インターフェース用量子制御電子集積回路の開発
- 研究開発課題3:量子インターフェースの理論研究(課題推進者:越野 和樹(国立大学法人東京医科歯科大学))
- 超伝導量子ビット—光子量子ビット間インターフェースの理論

(3) プロジェクトマネジメントの実施状況

代表機関である横浜国大の先端科学高等研究院(IAS)に小坂 PM がセンター長を務める量子情報研究センター(QIC)が設置されている。IAS 及び QIC に関わる多くの職員が課題推進者の研究開発の進捗管理、研究開発機関間の連携、労務管理等の様々な PM 活動を支援している。令和5年度は代表的なものとして下記の活動を支援した。

- 課題推進者会議を毎月 1 回 90 分程度オンラインで開催した。
- 理化学研究所を訪問し超伝導量子ビットとの通信に関する議論を進めた。
- 東京大学生産技術研究所で対面のミーティングを行い、具体的なデバイスの実装に向けた議論を進めた。
- 国内外の研究機関との連携を進めており、量子科学技術研究開発機構、理化学研究所、デルフト工科大学との契約を締結し、量子科学技術研究開発機構との連携に関してはプレスリリースを行った。プレスリリースは月間オプトロニクスと科学新聞で取り上げられた。
- 量子科学技術研究開発機構からの 1 件の特許出願と、横浜国大における 2 件の特許出願準備を進めた。
- 小坂 PM がドイツ QR.X や日本物理学会、OIST でのスクールなど国内外の量子技術に関する学会で招待講演を行った。また、応用物理学会のシンポジウムや OIST でのワークショップ(横国 QIC 共催)の企画・運営を行った。NICT Quantum Camp(NQC)においては招待講演だけでなく運営会議組織委員(推進委員・実行委員)としての役割も果たした。
- Nature の特集版に MS プロジェクトに関する記事が掲載された。

- 日経産業新聞など複数の報道機関や日経テクフォーサイト、日経クロステックといった web サイトで小坂 PM の研究が紹介された。

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:(ダイヤモンド量子メモリ)

研究開発課題1:(ダイヤモンド量子メモリの研究開発)

- 量子もつれ光源の開発の実施

当該年度は、量子もつれ光源の発光効率をさらに向上すべく、ソリッドイマージョンレンズ(SIL)構造、電極構造、フィルター構造等のさらなる改良を行い、高効率と高忠実の両立を図った。当該年度のマイルストーンは達成済みである。

- 量子メモリの誤り耐性万能量子ゲート操作の実施

当該年度は、完全ゼロ磁場下における NV 中心の幾何学的スピンの特性を生かし、より高忠実で誤り耐性のある量子ゲート操作を行う。また、ラジオ波同期幾何学的デカップリング(ゼロ磁場 DDRF)の性能を向上し、より長時間の保持時間と高精度な炭素核スピン操作を行う技術を開発した。当該年度のマイルストーンは達成済みである。

- 量子メモリ内での完全ベル測定の実施

当該年度は、完全ゼロ磁場下における幾何学的デカップリング(ゼロ磁場 DD)ならびにゼロ磁場 DD にラジオ波を同期して核スピンの選択的量子ゲート操作を行うゼロ磁場 DDRF の性能を向上し、炭素核スピン間の量子もつれ生成と量子もつれ測定をより高精度に行う技術を開発した。当該年度のマイルストーンは達成済みである。

- レーザー照射によるダイヤモンド中の色中心の生成

当該年度は、超短パルスレーザーをダイヤモンドソリッドイマージョンレンズ(SIL)に照射してGR1欠陥を生成し、その後の電気炉アニールでNV-中心に変換する過程において、超短パルスレーザーを単一パルス化し、波面整形を行うことで単一 NV-中心を生成する技術を開発した。さらに、電気炉アニールに比べて局所的で制御性の高いレーザーアニールを導入してNV中心を生成する技術を開発した。当該年度のマイルストーンは達成済みである。

課題推進者:小坂 英男(国立大学法人横浜国立大学)

研究開発課題2:(ダイヤモンド量子構造の研究開発)

- ダイヤモンド電荷状態の安定化の実施

当該年度は、令和4年度に引き続き、リンドーピングによる n 型フェルミ制御技術を中心に、NV-あるいは SiV-を表層に作成する CVD 成膜条件の最適化を進める。リンドーピング濃度の低濃度側への制御やポストアニールなど、電荷状態の安定化とともに、ひずみやPLE線幅の抑制を検討した。当該年度のマイルストーンは達成済みである。

- **ダイヤモンドナノ構造の作製の実施**

当該年度は、令和4年度に引き続き、ダイヤモンド基板上へナノ構造作製のための各プロセス工程の条件出しを行った。具体的には、エッチングマスク(SiO₂ 薄膜または金属薄膜)のパターン形成法の検討、レジスト塗布条件、電子線描画(加速電圧、ドーズ量など)の条件出しなどを行い、所望のサイズの線幅・穴径のダイヤモンドナノ構造を作製した。構造評価には、走査型電子顕微鏡やレーザー顕微鏡などを用いた。また、ICP エッチング装置のプラズマ条件(電力、バイアス、気相圧力、処理時間など)を調整することで加工ダメージ除去法を提案した。当該年度のマイルストーンは達成済みである。

- **ダイヤモンドピエゾ構造の作製の実施**

当該年度は、ピエゾ効果を発現する窒化アルミニウム(AIN)膜の高品質化を進めた。成膜後の高温アニール処理による再結晶化などを施し、ロッキングカーブの半値幅低減を目指した。X 線回折法による結晶評価や電子顕微鏡、レーザー顕微鏡などを用いて構造解析を進めた。さらに、弾性波発振のため、設計周波数に合わせた IDT 電極構造を作製し、ダイヤモンド色中心のピエゾ効果を利用したスピン操作を行った。当該年度のマイルストーンは達成済みである。

課題推進者:加藤 宙光(国立研究開発法人産業技術総合研究所)

研究開発課題3:(ダイヤモンド量子結晶の研究開発)

- **ダイヤモンド高純度結晶の作製の実施**

当該年度は、昨年度に有効性を見出した低マイクロ波出力密度でのダイヤモンド薄膜成長条件において、原料ガスの高純度化と成長温度の最適化を行った。NV中心の PLE 線幅を狭める上で、結晶の高純度化と高品質化が有効である。高純度化では窒素混入を低減する必要がある。ガス高純度化と合わせて、成長装置の高真空化にも取り組んだ。高品質化においてはガス供給シーケンスと成長温度プロファイルを新たに最適化条件に組み込み、更なる線幅低減に取り組んだ。またSiV中心の形成に関しては、成長環境内に Si を導入することで実施した。SiV中心の濃度は、マイクロ波出力密度を変化させることで制御した。当該年度マイルストーンは達成済みである。

課題推進者:寺地 徳之(国立研究開発法人物質・材料研究機構)

研究開発課題4:(ダイヤモンド色中心の研究開発)

- **ダイヤモンド色中心の生成の実施**

当該年度は、ダイヤモンド量子結晶中に単一の色中心をイオン注入法及び高温熱処理を用いて形成した。窒素(¹⁵N)や IV 族イオンを注入し、アルゴン雰囲気中で 1000℃～

1800°Cまでの温度条件において熱処理した。注入したイオンと原子空孔を効率的に結合させて単一の色中心を形成した。挑戦的目標として掲げる有機化合物イオン注入技術の高度化では、令和4年度に開発した天然存在比のL-アルギニン塩酸塩ビームを進化させ、窒素(¹⁵N)と炭素(¹³C)で同位体濃縮したL-アルギニン塩酸塩ビームを実現した。同位体濃縮したL-アルギニン塩酸塩ビームをダイヤモンドに注入することで、NV中心近傍の数~数十nmの範囲に量子メモリとして機能し得る¹³C(炭素同位体)を配置させることに挑戦した。当該年度のマイルストーンは達成済みである。

- **ダイヤモンド色中心の生成位置の制御の実施**

当該年度は、以下の5つの事項について取り組んだ。(1)実験室の整備を終えた。放射線管理区域内に設けた専用実験室はユーティリティとクリーンブースの整備を令和4年度に完了したので、引き続き、レーザー管理区域として使用できるように実験室環境を整えた。(2)令和4年度に行ったシステム設計に基づき、レーザー冷却単一イオン注入装置の各要素(イオン源、ビーム輸送部分、イオントラップ、静電型集束レンズ、共焦点顕微鏡、真空槽、絶縁架台等)について製作及び必要な機器の購入を進めた。(3)イオントラップから射出したイオンを検出する単一イオン検出システムを開発した。このシステムは、静電型集束レンズによるイオンビームの集束性をナイフエッジ法を用いて評価できるよう、ナイフエッジとそれを駆動するピエゾステージを備える。(4)窒素イオンに加え、SiVを生成するためのシリコンイオン、量子メモリとして利用できる炭素同位体イオンを発生させることのできるイオン源を開発した。当該年度のマイルストーンは達成済みである。

課題推進者:小野田 忍(国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構)

- (2) 研究開発項目2:(オプトメカニカル共振器)

研究開発課題1:(フォトニック結晶光共振器の研究開発)

- **ダイヤモンドフォトニック結晶共振器の構造設計の実施**

当該年度は、作製時に生じる構造揺らぎが共振器特性に及ぼす影響を数値的に検討するとともに、AINとの集積化を念頭にAIN-ダイヤモンドフォトニック結晶ナノビーム共振器の設計を継続して進めた。なお、既にマイルストーンを達成済みであることを踏まえ、設計については馬場グループ、野村グループで進めてもらい、当グループはダイヤモンドフォトニック結晶の形成技術開発に集中した。当該年度のマイルストーンは達成済みである。

- **ダイヤモンドフォトニック結晶共振器による光子と量子メモリの結合増強**

当該年度は、フォトニック結晶構造の孔形状や側壁垂直性の向上を目指し、ダイヤモンドの垂直エッチングおよび横方向エッチングに関する条件を精査した。その知見にもとづき、安定的にフォトニック結晶ナノビーム共振器構造を作製することができるようになった。また、顕微発光分光により、フォトニック結晶ナノビーム共振器の共振器モードを観測した。当該年度のマイルストーンは達成済みである。

- **ダイヤモンドハイブリッド実装技術の検討の実施**

当該年度は、エアブリッジ化されたダイヤモンドフォトリソ結晶共振器を基板から剥離し異種基板への転写プリントするための構造を検討・試作した。さらに、実際に転写プリント済み転写可能であることを確認するとともに、今後の課題を抽出した。また、馬場グループが作製する SiN 光回路への装荷に向けたダイヤモンドチップパターンの検討と試作を進めた。第一次試作の結果から、チップパターンの改善点などの課題を抽出した。当該年度のマイルストーンは達成済みである。

課題推進者:岩本 敏(国立大学法人東京大学)

研究開発課題 2: (フォトリソ結晶光共振器実装技術開発)

- 結合構造設計の実施

当該年度は、前年度までに中間導波路として想定し、設計を進めてきた SiN 導波路プラットフォームを利用することを検討してきており、光ファイバから、SiN、ダイヤモンド/AIN 積層導波路までの接続損失が 0.7 dB となる設計を得た。また、SiN 導波路基板の 1 次試作を完了した。その基板は、転写プリントによってダイヤモンド構造を丈夫に装荷する実験を行う岩本チームの一部を提供した。また、基板端部に形成する SiN スポットサイズ変換器に光ファイバを接続、紫外硬化樹脂によって固定し、光の入出力と伝搬の効率を評価している。その結果をシミュレーションと比較し、問題点の洗い出しと 2 次試作の設計への反映させる予定である。当該年度のマイルストーンは達成済みである。

- ダイヤモンドフォトリソ結晶共振器による光子と量子メモリの結合増強

当該年度は、これまで設計してきた高 Q 値・微小モード体積をもつ 1 次元フォトリソ結晶共振器に対して、高効率に伝搬光を結合させる設計を完了した。前年度は進化計算法である CMA-ES を用いて、フォトリソ結晶共振の端部の円孔配列を微調整し、共振器の損失と外部からの結合効率が釣り合う臨界結合条件を探索して、結合効率 70%を計算しており、この値をさらに向上させた。当該年度のマイルストーンは達成済みである。

- ダイヤモンドハイブリッド実装技術の検討

当該年度は、光基板と超伝導基板の融合までを考慮した全体設計を行った。光基板は光ファイバとの融合が可能なスポットサイズ変換器の形成が必要である。一方、超伝導回路はニオブ電極の形成が必要である。そこで両者を別基板として形成し、光基板にダイヤモンド/AIN 構造を転写プリントした後に、両基板をさらに貼り合わせる構造を総合的に検討した。1 次試作のプラットフォーム基板を供給した後の 2 次試作の設計では、この点までを考慮する。当該年度のマイルストーンは達成済みである。

課題推進者:馬場 俊彦(国立大学法人横浜国立大学)

研究開発課題 3: (フォノニック結晶音共振器の研究開発)

- **ダイヤモンドフォノンニック結晶共振器の設計の実施**
 当該年度は、令和4年度にグループ内で検討したグラウンドデザインについて、シミュレーションによる設計を進めた。特に、フォノンニック結晶ナノ共振器近傍に電極を配置し、発生する電場を圧電材料であるAlNを介してフォノン励起する系の検討を進めた。小坂グループと馬場グループと連携しながら、電気および光回路との結合性も検討し、高性能な構造を探索した。また、歪テンソルを用いて量子メモリとなる NV や SiV などの色中心とフォノンの結合強度を計算し、最大化するダイヤモンド基板の面方位と共振器の方向を決定し、作製グループに知見を提供できるよう検討を進めた。当該年度のマイルストーンは達成済みである。
- **ダイヤモンドフォノンニック結晶共振器の実験的評価の実施**
 当該年度は、ダイヤモンド試料作製グループの進捗をみつつ、先行してシリコンフォノンニック結晶共振器の実験的評価を行えるよう、測定系の立ち上げと試料作製を行った。小坂グループ(3-1)と連携し、シリコンフォノンニック系にLiNbO₃を形成、加工して計測用試料を用意した。構築した測定系で音共振器の Q 値を測定し、実測値とシミュレーション値の比較検討から、作製 Q 値の制限要素の洗い出しを行い、ダイヤモンド共振器作製への知見を得た。ダイヤモンド試料作製グループの試料提供があり次第、音共振器 Q 値評価を実施できるよう準備を進めた。当該年度のマイルストーンは達成済みである。

課題推進者:野村 政宏(国立大学法人東京大学)

(3) 研究開発項目 3:(ピエゾマイクロ波共振器)

研究開発課題1:(ピエゾマイクロ波共振器の研究開発)

- **ピエゾマイクロ波共振器の材料探索、構造設計の実施**
 当該年度は、超伝導マイクロ波共振器については、量子インターフェースの完成形を見据えたより実戦的な回路を設計し、Q 値や共振周波数、導波路とのカップリング、周波数の可変性などの特性を評価した。表面弾性波デバイスについては、色中心との相互作用を目指した 2 ポート型デバイスの作製ならびに特性評価、それを利用した色中心操作を行った。またマイクロ波共振器と表面弾性波デバイスを統合したデバイスの設計と試作も進めた。NV⁰を用いた実験としては、原理実証として基底状態の電場による量子操作を実施した。当該年度のマイルストーンは達成済みである。

課題推進者:小坂 英男(国立大学法人横浜国立大学)

研究開発課題 2:(量子制御電子集積回路の研究開発)

- **ダイヤモンド量子インターフェース用量子制御電子集積回路の開発**
 当該年度は、CMOS 回路について以下の研究項目を実施した。
 - ① CMOS デバイスを低温で測定し、低温デバイスモデルパラータを導出した。
 - ② 低温デバイスモデルに基づいてデジタル・アナログ変換回路を試作し、5K での

動作実証を行った。

また、超伝導回路について以下の研究項目を実施した。

③ 令和4年度に設計した5K動作SFQマイクロ波生成回路を試作し、その動作を5K程度の温度において実証した。

④ 極低温用超伝導集積回路プロセス用のデバイスパラメータを決定し、超伝導回路設計のためのセルライブラリの作成とその動作検証を行った。

⑤ 以上のセルライブラリを用いて、極低温動作SFQマイクロ波生成回路を設計した。当該年度のマイルストーンは達成済みである。

課題推進者:吉川 信行(国立大学法人横浜国立大学)

研究開発課題3:(量子インターフェースの理論研究)

● 超伝導量子ビット—光子量子ビット間インターフェースの理論

当該年度は、2つの局在量子ビット間を伝播量子ビットの放出・吸収を介して接続する量子過程について理論解析を行った。具体的には導波路長の有限性を考慮し、局在量子ビット—導波路間結合を最適化した上で接続効率を評価した。当該年度のマイルストーンは達成済みである。

課題推進者:越野 和樹(国立大学法人東京医科歯科大学)

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

代表機関である横浜国立大学内の先端科学高等研究院(以下 IAS)に、小坂 PM がセンター長を務める量子情報研究センター(以下 QIC)を中心に PM 支援体制が構築されている。主たるメンバーとして、PM 補佐(研究戦略企画マネージャー)1名、知的財産プロデューサー1名、産学官連携コーディネーター1名、非常勤教員1名、事務職員3名、URA1名、事務補佐員5名が、代表機関内外に所属する課題推進者の研究開発の進捗管理、研究開発機関間の連携、労務管理等の様々な PM 活動を支援している。

令和5年度も各課題推進者を客員教授および客員准教授として IAS に招聘し、より効果的なプロジェクトマネジメントを実施できる体制を構築した。PM 補佐は事業化戦略、研究環境整備、産学官連携、報告書のとりまとめ等を実務的に支援しているほか、JST 担当者とも随時連絡を取りながら活動を推進している。

昨年度に引き続き、課題推進者会議を毎月1回90分程度オンラインで開催した。PM、課題推進者、PM 補佐、知的財産プロデューサー等の主たるプロジェクトメンバーが集まり、進捗状況把握や課題推進のための良い機会となっている。

令和5年10月には、小坂 PM と小坂研究室のプロジェクトメンバーが理化学研究所を訪問し、小坂 PM と黒川特任助教が量子インターフェースに関する講演を行った。その後、研究所の施設を見学し、将来的な超伝導量子ビットとの接続に関して議論した。令和5年12月には、小坂 PM と馬場 PI とその研究室のプロジェクトメンバーが東京大学生産技術研究

所を訪問し、野村 PI と岩本 PI を含めて今後の研究方針について対面での打ち合わせを行った。

研究開発プロジェクトの展開

研究開発項目1がプロジェクト全体の目的遂行に責任を持ちつつ、各研究開発項目と連携しながら目標達成を目指す体制を整えている。毎月の課題推進者会議に加え、小坂 PM と各課題推進者との個別の会合も必要に応じて不定期に行っている。素子の設計から作製、評価、フィードバックまで一貫して各研究開発機関が密接に連携しながら進めている。

令和5年6月に、小坂 PM がドイツの Bad Honnef で開催されたドイツ量子中継コンソーシアム(QR.X)の年会において、QR.X と量子情報研究センターとの連携を深めるため、ムーンショットプロジェクト「量子計算網構築のための量子インターフェース開発(QuINT)」や総務省委託事業プロジェクト「量子中継技術(QuREP)」などについて招待講演を行った。上記講演に合わせて、デルフト工科大学、ウルム大学、シュツットガルト大学、各大学で研究室視察や意見交換を行った。

令和5年11月に、先端科学高等研究院量子情報研究センターの招聘教授である Fedor Jelezko 教授(ウルム大学, Head of the Institute for Quantum Optics)を招き、Fedor Jelezko 教授によるレクチャーの企画・運営を行った。

令和6年3月には National Taiwan Normal University(NTNU)の Hsiang-Lin Liu 教授、および、学生11名による研究室の視察が行われた。

令和6年3月、黒川特任助教がシカゴ大学を訪問し、超伝導量子ビット研究の先駆者である Andrew Cleland 教授と議論を行った。その後、ダイヤモンド研究の先駆者である David Awschalom 教授や中性原子研究で急速に注目を集めている Hannes Barnien 教授の研究室を訪問し見学を行った。

各研究機関との共同研究についても順調に契約の締結を進めている。横浜国立大学先端科学高等研究院と量子科学技術研究開発機構量子技術基盤研究部門が量子情報基盤技術における研究協力を推進するための連携協定を締結し、令和5年11月に協定式を行った。また、将来的な超伝導量子ビットとの通信を視野に令和5年12月に理化学研究所との共同研究契約を締結した。令和6年1月からデルフト工科大学と協力覚書(Memorandum of Collaboration, MOC)の締結を進め、無事に量子グレードのダイヤモンドに関する共同研究を進める運びとなった。令和6年3月からウルム大学と協力覚書(Memorandum of Collaboration, MOC)の締結を進めている。

(2) 研究成果の展開

前年度に引き続き、INPIT より招聘した知的財産プロデューサー(知財 PD)を中心に、技術動向調査、知財戦略の構築及びそれを踏まえた具体的な出願支援を進めている。

令和5年度は昨年度の4機関に加え、シカゴ大、デルフト工科大(蘭)、スイス連邦工大ローザンヌ校、ウォータールー大学(加)等に所属する研究者の特許の深掘り調査を行い、本PJ研究領域と関連する主要論文と特許との紐付けを図った。これらの結果は適宜、課題推進者に展開を図り、競合機関の技術動向、権利化や各機関との連携状況把握を踏まえた知財戦

略構築の一助としている。

本 PJ の特許出願方針に関しては、令和 6 年 3 月 12 日に横浜国大・産学官連携推進部門・知的財産支援室と横浜国大出願案件の JST 出願に向けての調整を行った。また、今年度の具体的な出願支援に関しては 1 件の特許出願(特願 2023-143180:QST/NIMS)に加え、2 件の特許相談(横浜国大)を行い、内 1 件については前記特許出願方針の下、コア特許としての出願を図るべく、現在、関係者と検討中である。

(3) 広報、アウトリーチ

【講演・シンポジウム・ワークショップ】令和 5 年 9 月、OIST で開催された学会「Okinawa School in Physics: Coherent Quantum Dynamics」において小坂 PM が招待講演を行った。同月、日本物理学会第 78 回年次大会で開催されたシンポジウム「量子コンピュータネットワークの科学」において小坂 PM が招待講演を行った。同月、応用物理学会 量子情報工学研究会の委員としての活動の一環として、第 84 回応用物理学会秋季学術講演会にてシンポジウム「量子技術の最先端と社会実装の潮流」の企画、運営を小坂 PM が行った。令和 5 年 10 月、横浜国立大学の QIC との共催により OIST で開催された「1st International Workshop on Quantum Information Engineering (QIE2023)」において、小坂 PM が実行委員としてワークショップの企画、運営を行った。

同月、小坂 PM が運営会議組織委員(推進委員・実行委員)として従事している量子情報通信技術(量子 ICT)が主催の NICT Quantum Camp(NQC)において、小坂 PM が招待講演を行った。令和 5 年12月、小坂 PM が量子技術研究会(主催:一般社団法人科学技術と経済の会)において招待講演を行った。令和 6 年 3 月、小坂 PM が ICT-ISAC 先端技術研究会において招待講演を行った。

【視察】令和 5 年 4 月および 9 月には内閣府による横浜国立大学の視察があり、プロジェクト概要の説明の後、小坂 PM の研究室で実験設備を見学した。

【新聞・ニュース】令和 5 年 11 月に日経テックフォーサイトの WEB に、小坂 PM の研究を紹介する記事「誤り耐性量子ネット、日本の活路は中継技術 30 年目標量子インターネットへの道(上)」が掲載された。令和 5 年 12 月に日経クロステックの WEB に、小坂英男教授の研究を紹介する記事“誤り耐性「量子ネット」実現へ研究開発加速、日本は中継技術で巻き返し ” が掲載された。令和 5 年 12 月号の科学新聞にと令和 6 年 1 月号の月刊オプトロニクスに、「横国大と QST 量子情報基盤技術に関する研究協定を締結」に関する記事が掲載された。令和6年1月、日経産業新聞の小坂教授紹介の記事「量子インターネットへの道(上)」が掲載された。

【書籍・雑誌】令和5年 6 月に Newton 大図鑑シリーズ 量子論大図鑑、「第 8 章 もっと知りたい！量子テレポーテーション・量子暗号」で分担執筆を行った。横浜国大、JST、EurekAlert!のウェブサイトで紹介したほか、日本経済新聞や各種ネット記事でも内容が掲載された。また、令和 6 年 2 月に Nature の特集版に MS プロジェクトに関する記事が掲載された。(タイトル:Ushering in a new era in computing)。こちらも横浜国大、JST、EurekAlert!のウェブサイトで紹介され、日本経済新聞、日刊工業新聞や各種ネット記事でも内容が掲載された。

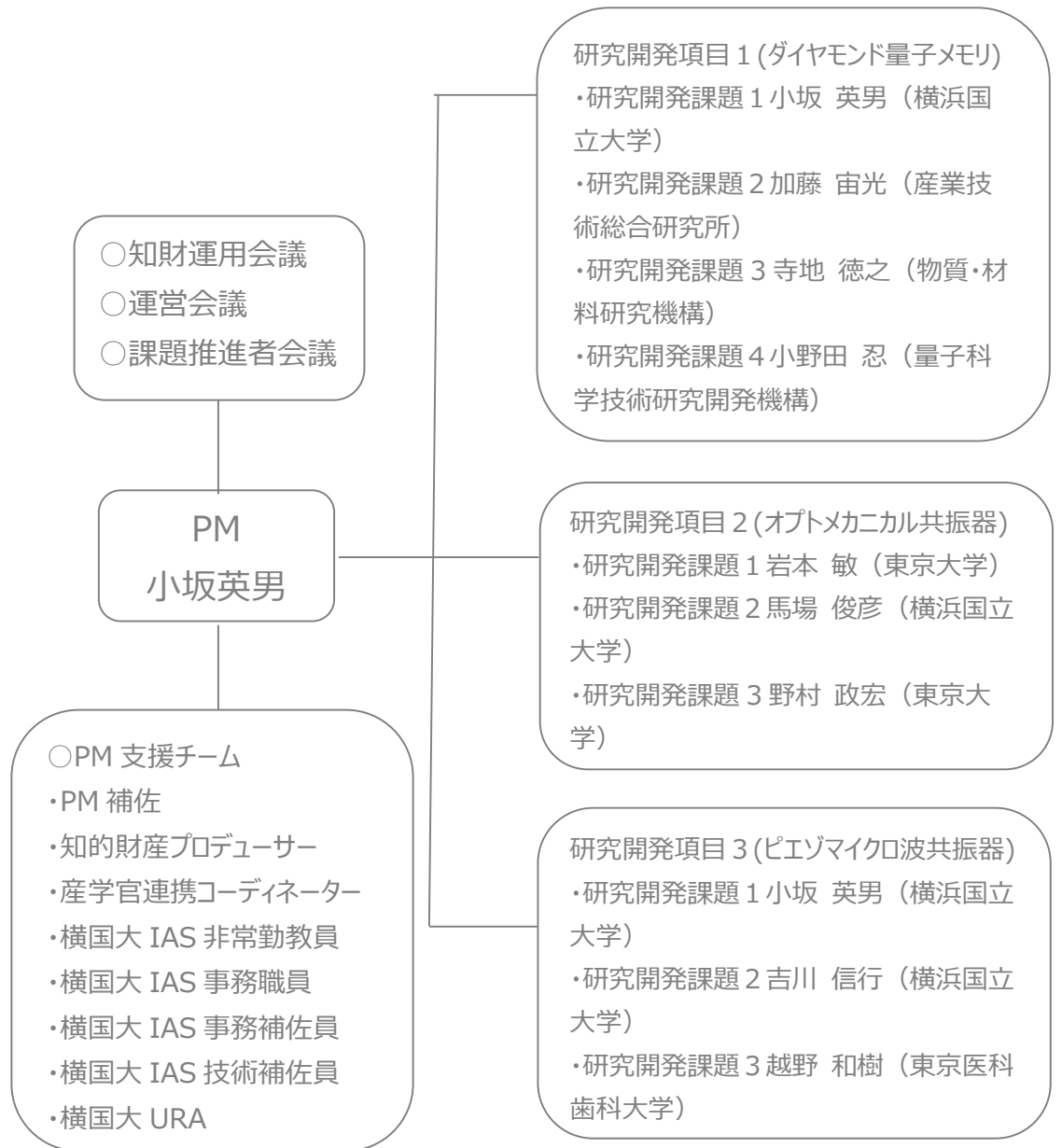
【プレスリリース】量子科学技術研究開発機構との共同研究契約締結に際して、横浜国立大学と量子科学技術研究開発機構でプレスリリースを行った。

(4) データマネジメントに関する取り組み

昨年度に引き続き、横浜国立大学のセキュリティポリシーに則って各課題推進者が取得するデータを把握し、共有すべきもの、セキュリティを担保すべきもので整理している。課題推進者にはこのポリシーに準拠してもらい、PM がデータ全体を把握できる仕組みを構築する。

各種データを各機関の施錠された実験室内の設計用、測定用、制御用、データ処理用の各PCに保存しているほか、OneNote や Slack に実験情報などを加え保存している。また、本プロジェクトメンバー用の共用 Slack もメンバー間の情報共有に利用している。特に秘匿が必要な情報についてはプライベートチャンネルを設け、招待されたメンバーしかやり取りできないようにしている。

4. 当該年度の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

PM、PM 補佐、及び知的財産プロデューサーが連携して、本プロジェクトメンバーのバックグラウンド特許、競合グループの特許、マクロな技術動向等の調査を行い、知財戦略のベースをつくった。また、本プロジェクト研究内容で特許につながりうるコア技術の発掘を進めた。

課題推進者会議及び運営会議 実施内容

毎月 1 回、PM、課題推進者、PM 補佐、知的財産プロデューサー等のメンバーが集まる課題推進者会議を開催した。各種報告、進捗状況の確認等を行い、課題推進に向けた新たなアイデアの創出や協働を進めた。

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	1	0	0	0
登録件数	0	0	0	0
合計(出願件数)	1	0	0	0

会議発表数			
	国内	国際	総数
招待講演	14	5	19
口頭発表	32	14	46
ポスター発表	17	12	29
合計	63	31	94

原著論文数(※proceedingsを含む)			
	国内	国際	総数
件数	0	14	14
(うち、査読有)	0	14	14

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

受賞件数		
国内	国際	総数
3	1	4

プレスリリース件数
5

報道件数
5

ワークショップ等、アウトリーチ件数
4