



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

2022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



研究開発プロジェクト概要

超伝導量子ビットと通信用光子をつなぐため、量子メモリとオプトメカニカル結晶を融合した量子インターフェースを開発します。それにより、2050年には、大規模な超伝導量子コンピュータの実現を目指します。

https://www.jst.go.jp/moonshot/program/goal6/62_kosaka.html

課題推進者一覧

課題推進者	所属	役職
小坂 英男	横浜国立大学 先端科学高等研究院 量子情報研究センター	センター長
加藤 宙光	産業技術総合研究所 先進パワーエレクトロニクス研究センター	主任研究員
寺地 徳之	物質・材料研究機構 機能性材料研究拠点	主席研究員
小野田 忍	量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学部門	上席研究員
岩本 敏	東京大学 生産技術研究所	教授
馬場 俊彦	横浜国立大学 先端科学高等研究院	教授
野村 政宏	東京大学 生産技術研究所	准教授
吉川 信行	横浜国立大学 先端科学高等研究院	教授
越野 和樹	東京医科歯科大学 教養部	准教授

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:フォノン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))
- ダイヤモンドフォノン結晶共振器の設計
 - ダイヤモンドフォノン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 4 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。
- ミュンヘン工科大、ウルム大、ザールランド大のドイツ研究者 4 名を IAS 招聘教授とした。
- 数理に強い素粒子論研究者を本プロジェクトのプロジェクト助教として採用し、分野横断的研究を進めた。
- INPIT より招聘した知的財産プロデューサーを中心にグローバルな技術動向調査や知財戦略の構築を進めた。
- 2 件のプレスリリースを行い横浜国大、JST、EurekAlert!のウェブサイトで紹介したほか、日本経済新聞、日刊工業新聞や各種ネット記事でも内容が掲載された。
- 小坂研ホームページを大幅リニューアルし、本プロジェクトに関する内容も積極的にアピールした。
- 産学官連携コーディネーターが関連する分野のシンポジウムなどに積極的に参加し、様々な関係者と交流を図ってアウトリーチに大きく貢献している。

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

当該年度実施内容:

量子もつれ光源について、ダイヤモンド色中心を用い、発光した光子と残された電子スピンの間の高忠実度での量子もつれ生成を行う。ダイヤモンド NV 中心の A_2 励起状態からのゼロフォノン線発光を用い、発光した光子の偏光と NV 中心に残された電子のスピンの間に量子的なもつれ状態を生成する。 A_2 励起状態への直接共鳴励起を避けながらも、高効率に A_2 励起を行う手法の開発が求められる。当該年度は、 A_2 励起状態への共鳴励起を行う代わりに、 E_x (あるいは E_y) 励起状態への光励起と E_x (あるいは E_y) から A_2 励起状態へのマイクロ波励起を多段に行うことで、高効率かつ高忠実な量子もつれ生成を行った。

- 量子メモリの誤り耐性万能量子ゲート操作の実施

当該年度実施内容:

当該年度は、ダイヤモンド素子上に形成されたアンテナ構造を工夫し、複雑な加工プロセスを必要とせず高速な量子ゲート操作と歪み補正を両立させた。また、量子ゲート操作の忠実度劣化の原因となるマイクロ波波形の歪みを補正するなど、量子ゲート操作手法の改良を行った。これらにより、完全ゼロ磁場下での量子ゲート操作の動作速度および操作忠実度の更なる向上を行った。

- 量子メモリ内での完全ベル測定の実施

当該年度実施内容:

当該年度は、完全ゼロ磁場下において NV 電子スピンをマイクロ波で動的デカップリング操作しながら特定の同位体炭素核スピンをラジオ波で量子もつれ操作する新たな手法 (ZDD-RF 法) の開発を進展させた。これにより、任意の二つの炭素同位体核スピン間の完全ベル測定の高忠実度向上を行った。

- レーザー照射によるダイヤモンド中の色中心の生成

当該年度実施内容:

当該年度は、局所的なレーザー照射による GR1 欠陥の生成を中心に行った。GR1 欠陥とはダイヤモンドを構成する炭素の一つが欠損した単一欠陥である。炭素欠損が一つではなく多数隣接して欠損したものを B バンド欠陥と呼び、ここでは単一の欠陥である GR1 欠陥を選択的に生成する必要がある。高強度の超短パルスレーザー光を集光しやすいように微細加工されたダイヤモンドに照射することで、効率よく GR1 を生成した。

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

当該年度実施内容:

当該年度は、R3 年度に引き続き、リンドーピングによる n 型フェルミ制御に着目し、リンドーピング濃度の制御、積層構造体、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。

- ダイヤモンドナノ構造の作製の実施

当該年度実施内容:

当該年度は、R3 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、エッチングマスクの選定 (SiO_2 薄膜または金属薄膜)、レジスト塗布条件、電子線描画(加速電圧、ドーズ量など)、ICP プラズマエッチング(圧力、出力、バイアス)の条件出しなどを行い、線幅・穴径のダイヤモンドナノ構造を作製した。

- ダイヤモンドピエゾ構造の作製の実施

当該年度実施内容:

当該年度は、R3 年度に選定した窒化アルミニウム (AlN) に対してダイヤモンド基板あるいはサファイヤ基板上に成膜した。X 線回折法による結晶性評価や走査型電子顕微鏡やレーザ顕微鏡などを用いて表面構造解析を行った。さらに、ピエゾ効果の確認および弾性波発信に向けた電極形成プロセスの条件出しを進め、IDT 電極構造を作製した。

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

当該年度実施内容:

単一欠陥の電荷安定性に関する研究の実施:NVあるいは SiVについて、それらの電荷状態を安定化させるための結晶成長および不純物ドーピング制御を行う。当該年度は、アクセプタを低減するために、一般的な成長条件に比べて低マイクロ波出力密度、低成長温度、低反応圧力での CVD 条件領域で成長条件の最適化を行った。

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

当該年度実施内容:

当該年度は、ダイヤモンド量子結晶の表面付近に色中心を形成するためのイオン注入

及び電子線照射を行うと共に、高温熱処理炉を新たに整備し、ダイヤモンド中の歪みや格子欠陥を少なくして量子特性を向上させる取り組みを中心に行った。レーザー冷却単一イオンビーム装置の開発では、(1) X線が発生し得る装置であることから放射線管理区域内に専用の実験室を整備し、(2) 装置の仕様を検討してシステム設計を完了し、(3) 窒素イオン源を開発した。

- **ダイヤモンド色中心の生成位置の制御の実施**

当該年度実施内容：

当該年度は、以下の3つの事項について取り組んだ。(1) X線が発生し得る装置であることから放射線管理区域内に専用の実験室を整備した。(2) 装置の仕様を検討してシステム設計を完了した。(3) イオントラップでは、Caイオンと加速したいイオンの共同冷却技術を採用する。共同冷却させる窒素を発生させることのできるイオン源を開発した。

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**

当該年度実施内容：

当該年度は、AIN-ダイヤモンドハイブリッド型フォトニック結晶ナノビーム構造において、完全フォトニックバンドギャップを有する構造を見出した。従来検討してきた共振器では完全フォトニックバンドギャップを利用できず、共振器モードとバルクモードの間の空間モード不整合を利用してきた。今回見出した構造を用いることでフォトニックバンドギャップ効果による強い光閉じ込めが可能となり、共振器のモード体積を従来構造の約半分とすることに成功した。

- **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**

当該年度実施内容：

当該年度は、ダイヤモンドフォトニック結晶共振器の実現に不可欠となるダイヤモンド薄膜のエアブリッジ化技術を確立し、目標とした厚みのダイヤモンドフォトニック結晶ナノビーム共振器構造の作製に成功した。また、微小空気円孔も精度高く形成できていることがわかった。

- **ダイヤモンドハイブリッド実装技術の検討**

当該年度実施内容：

当該年度は、プラットフォームとなるシリコン基板上に堆積されたAIN膜のドライエッチング加工を実施した。ナノビーム構造アレイ(テストパターン)、CF₄とArの混合ガスを用いたエッチングの結果、AIN膜が十分エッチングできることがわかった。

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:フォトニック結晶光共振器実装技術開発

- 結合構造設計の実施

当該年度実施内容:

ダイヤモンド光導波路からその他の導波路への結合構造の設計を行う。当該年度は具体的に、光子-音子-電子変化を想定してダイヤモンドに圧電材料である AlN を積層した導波路を仮定するなどして、最終的に光ファイバまでの接続を総合的に設計した。

- 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

当該年度実施内容:

ダイヤモンドオプトメカニカル結晶からその他の導波路への結合構造の設計を行う。当該年度は光ファイバからダイヤモンド/AlN 積層導波路までの低損失設計が得られたが、これをさらに高 Q 値オプトメカニカル結晶に結合させる設計を行った。

- ダイヤモンドハイブリッド実装技術の検討

当該年度実施内容:

ダイヤモンドオプトメカニカル結晶を光集積回路に実装する技術を検討する。これにより、ダイヤモンド量子メモリと光集積回路のハイブリッド実装を可能とする技術を検討する。当該年度は光集積プラットフォームを試作することを計画し、実際に CAD データを作成・提出した。既に製作プロセスが進んでいる。

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:フォノン結晶音共振器の研究開発

- ダイヤモンドフォノン結晶共振器の設計の実施

当該年度実施内容:

ダイヤモンドを母材とし、フォノン(音子)と量子メモリの結合増強を可能にするダイヤモンドフォノン結晶ナノ共振器(音共振器)について設計を行う。当該年度はフォトニック結晶とフォノン結晶が両立するナノ共振器系について設計を進めた。

- ダイヤモンドフォノン結晶共振器の実験的評価の実施

当該年度実施内容:

当該年度は、フォトニック結晶とフォノン結晶が両立するナノ共振器系について検討し、用いるフォノンの周波数を発生、検出するための機器を選定し、フォノン結晶共振器の評価系の構築を進めた。必要な設備の導入が完了し、形成技術の確立を推進した。

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

当該年度実施内容:

当該年度は、超伝導量子ビットから生成される 1~10 GHz 帯のマイクロ波光子を NV、SiV などのダイヤモンド色中心の電子スピンに効率良く結合させるためのピエゾマイクロ波共振器構造の設計を中心に行った。原理実証に用いる試作段階においては十分な性能が得られることを確認した。

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

当該年度実施内容:

CMOS などによる電子集積回路を極低温で動作させるためには、これらデバイスの低温におけるデバイス特性を把握する必要がある。特に MOS トランジスタは極低温において相互コンダクタンスや閾値特性が変化するため、利用温度範囲でのデバイス特性を詳細に調べる必要がある。当該年度は、4.2 K での CMOS デバイスのデバイス特性を調べ、BSIM3 デバイスモデルに基づいてデバイスパラメータの抽出を行うための MOS デバイスを作成した。外部からのバイアス電流印加により、超伝導接合の臨界電流を制御し、極低温においても低電力動作が可能な超伝導回路を開発し、回路シミュレーションにより、回路動作の最適化を行った。以上の低電力超伝導回路を用いて直流バイアス回路ならびにマイクロ波制御信号生成回路の基本設計を行った。

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

当該年度実施内容:

当該年度は、超伝導量子ビットからマイクロ波光子量子ビットへの量子メディア変換について、超伝導量子ビット—通信波長帯光子量子ビット間インターフェースの第一歩という観点から理論研究を行った。超伝導量子ビット—マイクロ波光子間ゲートを、古典マイクロ波を用いて実証する方法を理論面から提案し、実験結果と併せて論文にまとめた (arXiv:2302.04548)。

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。主たるメンバーとして、PM 補佐 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、事務職員 3 名、URA1 名、事務補佐員 4 名、技術補佐員 1 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 4 年 6 月には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。

令和 3 年 9 月より工業所有権情報・研修館(INPIT)から知的財産プロデューサーを招聘していたが、令和 4 年 4 月にそれまでの準備派遣 B から通常支援派遣に切り替わり、知財戦略の構築がより本格的に進められるようになった。

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。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 4 年 5 月 17 日、20 日にはそれぞれ物材機構、東大へのサイトビジットが行われ、北川 PD、小坂 PM、課題推進者である寺地徳之氏、岩本敏氏との間で意見交換が行われた。

令和 4 年 4 月 26 日、6 月 24 日、8 月 24 日には小坂 PJ が目指す量子インターフェースについての第 2 回～第 4 回勉強会を開催し、横浜国大の関口助教、黒川 IAS 助教がプロジェクトメンバーに対してレクチャーを行った。

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 4 年 1～2 月にはミュンヘン工科大、ウルム大、ザールランド大のドイツ研究者 4 名が IAS 招聘教授となり、本プロジェクトのアドバイザリーボードとしての役割も担っている。

令和 4 年度は周辺分野の研究者を本分野に引き込むため、研究者公募を素粒子・原子核物理研究者のメーリングリストにも投稿した。これを受けて KEK で素粒子論を研究していたポスドクの酒井勝太氏が分野転向して令和 4 年 9 月に東京医歯大のプロジェクト助教となり、課題推進者の越野和樹氏と共に研究を開始した。素粒子論研究者ということもあり数理に強く、すでにプロジェクトメンバーと密な議論を重ねている。

(2) 研究成果の展開

INPIT より招聘した知的財産プロデューサーを中心にグローバルな技術動向調査や知財戦略の構築を進めている。令和 4 年度は量子中継器、量子もつれ、量子メモリ、量子インターフェースなどのキーワードを基にワールドワイドでの特許調査を行い大まかな全体像を掴むと共に、Caltech、ハーバード大、MIT、スタンフォード大に所属する研究者が関係する特許の深掘り調査を行った。これらの調査結果は各課題推進者にも展開しており、本プロジェクトの知財戦略構築のための基礎データとしている。

本プロジェクトの特許出願方針に関して令和4年4月26日に知財運用会議を開催し、小坂PM、藤井PM補佐、知的財産プロデューサー、及びJST担当者がオンラインで議論を行った。

(3) 広報、アウトリーチ

令和4年4月27日に横浜国大の小坂PM、関口助教らによる Communications Physics に掲載された論文について「世界初、ダイヤ中の量子メモリによる量子誤り訂正に成功」と題したプレスリリースを行い、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4年7月29日には同じく小坂PM、関口助教らによる Nature Photonics に掲載された論文について「世界初、光ランダムアクセス量子メモリの原理実証に成功」と題したプレスリリースを行った。こちらも横浜国大、JST、EurekAlert!のウェブサイトで紹介し、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。

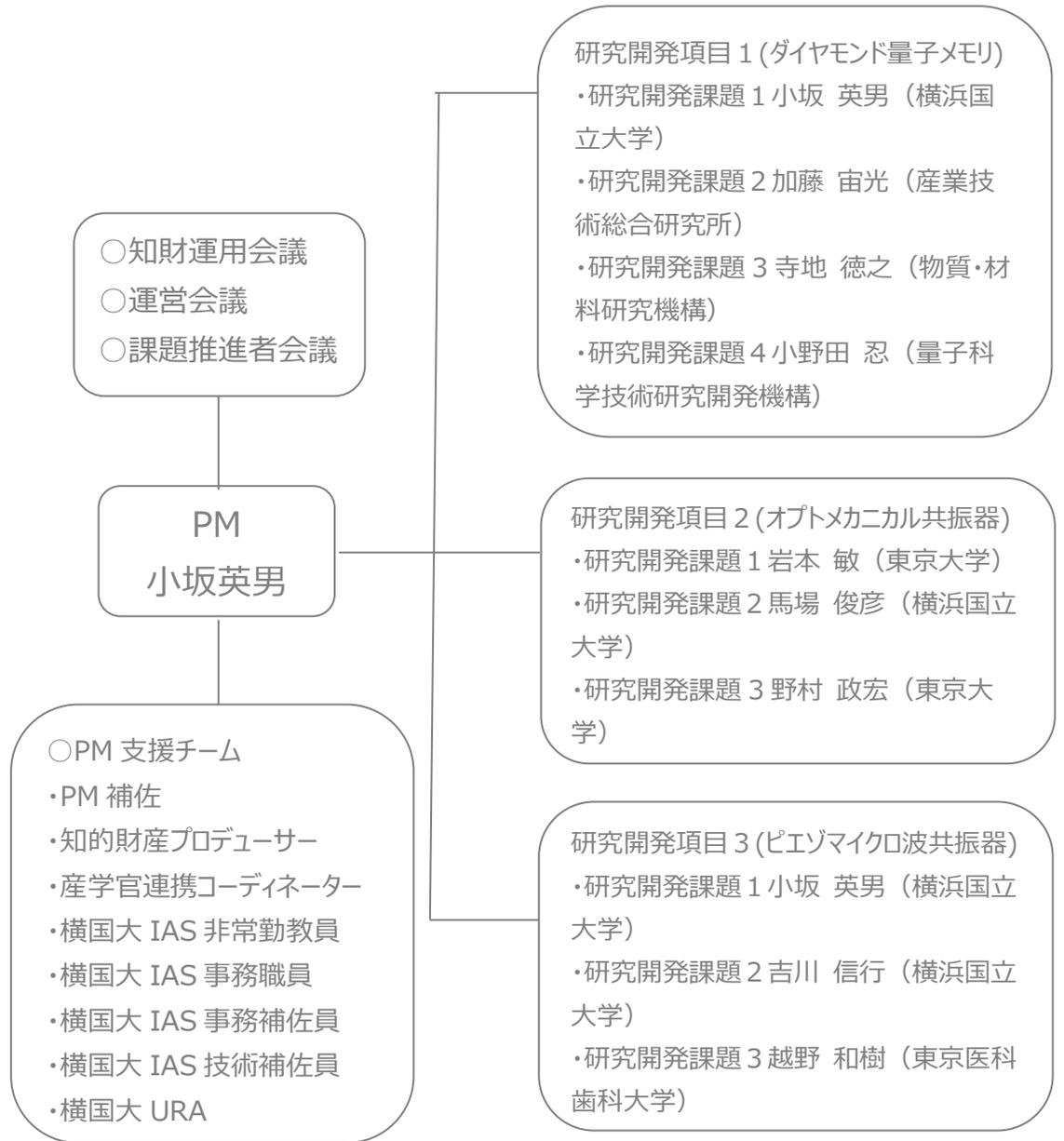
令和4年9月には小坂研ホームページを大幅リニューアルし、本プロジェクトの成果も積極的にアピールしている。また QIC ホームページでも本プロジェクトに関係するメンバーや成果などを多く公開している。

令和5年1月にIASで採用した産学官連携コーディネーターは毎月数回、関連する分野のシンポジウムなどに参加し、積極的に関係者と名刺交換を行うなどして交流を図っており、本プロジェクトのアウトリーチに大きく貢献している。

(4) データマネジメントに関する取り組み

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	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	11	8	19
口頭発表	38	9	47
ポスター発表	7	6	13
合計	56	23	79

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	11	11

その他著作物数(総説、書籍など)			
	国内	国際	総数
総説	3	0	3
書籍	1	0	1
その他	0	0	0
合計	4	0	4

受賞件数		
国内	国際	総数
3	0	3

プレスリリース件数
2

報道件数
58

ワークショップ等、アウトリーチ件数
0