



## 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

誤り耐性型量子コンピュータにおける理論・

ソフトウェアの研究開発

**小芦 雅斗**

東京大学 大学院工学系研究科



## 研究開発プロジェクト概要

量子情報、アーキテクチャおよび物理系の研究者を結集し、量子ビットの設計、誤り耐性方式の実装、効率的に計算を実行するためのコンパイラや言語までを包含した協調設計モデルを構築します。それにより、2050年には、大規模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/goal6/61\\_koashi.html](https://www.jst.go.jp/moonshot/program/goal6/61_koashi.html)

## 課題推進者一覧

課題推進者	所属	役職
徳永 裕己	日本電信電話株式会社 コンピュータ&データサイエンス研究所	特別研究員
小芦 雅斗	東京大学 大学院工学系研究科	教授
都倉 康弘	筑波大学 数理物質系	教授
越野 和樹	東京医科歯科大学 教養部	准教授
Franco Nori	理化学研究所 開拓研究本部	主任研究員
藤井 啓祐	大阪大学 量子情報・量子生命研究センター	教授
根本 香絵	沖縄科学技術大学院大学 量子情報科学・技術ユニット	教授
東 浩司	日本電信電話株式会社 NTT 先端技術総合研究所	特別研究員
Rodney Van Meter	慶應義塾大学 環境情報学部	教授
武岡 正裕	慶應義塾大学 理工学部	教授
森前 智行	京都大学 基礎物理学研究所	講師
田島 裕康	電気通信大学 大学院情報理工学研究科	助教
増田 俊平	産業技術総合研究所 新原理コンピューティング研究センター	主任研究員

## 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

量子情報、アーキテクチャおよび物理系の研究者を結集し、量子ビットの設計、誤り耐性方式の実装、効率的に計算を実行するためのコンパイラや言語までを包含した協調設計モデルを構築する。それにより、2050年には、大規模な量子コンピュータの実現を目指す。

### (2) 研究開発プロジェクトの実施状況

クロスレイヤー協調設計モデルの構築については、その雛形となるミニマルモデルとして、超伝導量子コンピュータを構成する多層のレイヤー全てを包含、連結したシフトウェア群の構築を進め、完成させた。この雛形を用いて、量子ビットの特性の現実的な仮定、表面符号を前提とした論理演算を含む制御パイプラインの回路レベルでの具体化、誤り耐性量子計算機の命令セットアーキテクチャの定義、および、位相推定など具体的なアプリケーションを一貫して取り込み、実行コストをエミュレーションにより評価することが可能となり、通常の計算機を超える誤り耐性量子計算機に必要なリソース推定を行った。このような一貫通貫した定量的な評価の枠組みは世界でも初である。開発を支援するツールとしては、物理系のシミュレータ QuTiP の拡充も順調に進んでおり、別の表現の選択肢を提供する新しい data layer object をはじめとする様々な改善を行った v5 ベータ版を公開した。

誤り訂正の手法については、現在主流の表面符号による実装に近い課題から、新たな符号に基づく全く別の可能性を拓く課題など、多方面から研究を進めている。表面符号の量子ビットの接続数を低減する新たな量子誤り訂正法の研究では、前年度に提案した量子ビット間の接続性を従来の4つの隣接する量子ビットから3つへと低減する新たな量子誤り訂正法について、エラー検出によるエラーの重みを反映した復号アルゴリズムを構築し、その性能評価を実施した。その結果、接続性を低減しても同等の誤り耐性があること、先行研究に比べて高い性能が得られることを示した。また、現在主流の現実的な実装法において有効な新手法として、宇宙線の影響を最小限にとどめる手法提案や、時間及び空間的な物理量子ビットの性能のばらつきに対応可能なエラー訂正手法提案を行った。さらに、新たな可能性の開拓として、表面符号の3次元実装や、表面符号とは異なる別の符号についても、復号にかかる時間短縮の手法などを切り口に研究を進めた。また、より基礎的な観点から、誤り耐性量子計算手法の時間と空間の2種のオーバーヘッドのスケールリングをどこまで小さくできるかという課題に取り組み、複数論理量子ビットの異なる符号を接続する手法によって古典計算の時間を考慮してもなお閾値が存在すること、時間オーバーヘッドが大きく改善することを示した。

分散型構造を持つ誤り耐性型量子コンピュータの可能性の開拓については、基本的な量子もつれ生成方式と、表面符号をはじめとする量子誤り訂正符号の結合について検討を進めた。また、分散型の構造を生かして宇宙線のようなエラー源に対策する手法の

開発を行った。さらに、分散型の必要性が高いイオン系について、今年度より新たな課題を加え、ハードウェアプロジェクトとの緊密な連携のもとに、イオン・光接続の定量的な解析を行った。また、超伝導量子ビットと電磁波の結合に関して、超伝導量子ビットと周波数にエンコードしたマイクロ波光子量子ビットとの状態交換(SWAP)ゲートを、単一光子レベルの微弱な古典マイクロ波パルスを用いて実証する方法を理論提案し、ハードウェアプロジェクトにおいて実際に 0.8 程度の忠実度で状態転写が行えることを実証した。

ハードウェアの制御に関しても、各物理系の特色を生かした手法開拓を進めた。光系における様々なボゾニック符号を組み合わせたハイブリッド符号の可能性について、3つの性能指数を指標とした性能評価を行い、GKP 符号 と Cat 符号 のハイブリッド化において利得が大きく期待できることを明らかにした。電子スピン量子ビットについては、電気分極スピン共鳴による高速なスピン操作について、忠実度の限界の解析を行い、実験で報告された結果との比較検討によりエラーの原因の究明を行った。

その他、萌芽的研究として、量子ダイナミクスの加速および減速制御手法の開拓を引き続き行った。また、数理的な研究として、非対称性のリソース理論の枠組みで必要なリソース量の下界を普遍的に求める手法を開拓し、量子情報処理と対称性の関係についてこれまでに知られた様々な定理を一つに統合する統一定理として機能することを示した。コンパイルで重要となる ZX カリキュラスについては、その公理系を抽出し、代数的、圏論的に整理することで、数理科学的視点からの本質の理解に向けた研究を進めた。

### (3) プロジェクトマネジメントの実施状況

適切な研究開発体制の検討と構築、運営会議の開催、研究資金の効果的活用のための施策、企業連携体制の整理、人材確保に向けた施策、データマネジメントなど、必要なプロジェクトマネジメントを適切に遂行している。

## 2. 当該年度の研究開発プロジェクトの実施内容

### (1) クロスレイヤー協調設計モデルの開発と拡張

#### 研究開発課題1-1:クロスレイヤー協調設計モデルの開発と拡張

当該年度実施内容:

令和 4 年度は昨年度に骨子を完成させたミニマルモデルを拡充し完成させるとともに、その中で顕わになった FTQC 実現への課題の逐次解決に取り組んだ。具体的には量子ビットの特性の現実的な仮定、表面符号を前提とした論理演算を含む制御パイプラインの回路レベルでの具体化、誤り耐性量子計算機の命令セットアーキテクチャの定義、および、位相推定など具体的なアプリケーションの翻訳、上記の実行コストのエミュレータを用いた評価などが一貫して可能となった。令和 4 年度に当初計画されていたミニマルモデルの実現にとどまらず、ここから派生して他のムーンショット課題や Q-LEAP などの他のプロジェクトと横断する成果が得られている。その中には、バーストエラーに耐性のある量子計算機の設計、誤りに耐性のある論理量子ビットの通信プロトコルの提案、量子ビットの特性ばらつ

きに対応するためのエラー推定回路の実装などがある。また、令和 5 年度のミニマルモデルの横展開による拡充を目指し、ソフトウェアの開発と研究を広く共有し協業する体制の準備を開始した。

課題推進者： 徳永裕己(日本電信電話株式会社)

#### 研究開発課題1-2:クロスレイヤー協調設計モデルの開発と拡張

当該年度実施内容:

令和 4 年度は NTT と協業し、昨年度に骨子を完成させたミニマルモデルを拡充し完成させるとともに、その中で顕わになった FTQC 実現への課題の逐次解決に取り組んだ。今年度は現実的な量子ビットにおいて生じる時間及び空間的な性能のばらつきに対応可能なエラー訂正手法の提案を行った。また、位相推定などを効率的に実装するテクニックである Qubitization でボトルネックとなる SELECT 演算要素について、昨年度に構築した並列化手法に関する手続きを効率的に記述するための枠組みの考案や、並列化による性能改善の上限を推定する方法を提案した。

課題推進者： 小芦雅斗(東京大学)

#### (2) 研究開発項目2:誤り耐性型量子コンピュータのハードウェア制御法の開発とその性能解析

##### 研究開発課題1-1:量子ビットをベースとする要素技術の研究開発

当該年度実施内容:

電子スピン量子ビットの測定や初期化に必要な導波路/熱浴との結合について解析を進めた。量子ビットの連続測定結果と熱浴へ散逸する熱流の量子相関を確率マスター方程式で調べた。また量子ビットと熱浴が強結合となる条件への拡張を開始し、まず電荷量子ビットの初期化のダイナミクスを調べた。電気分極スピン共鳴によるスピンの高速なコヒーレントな操作の理想的条件での忠実度と、さまざまな制約条件下での忠実度について解析し、実験で報告された結果と比較検討を行った。量子系と熱浴との超放射/超吸収過程を含む一般的な設定における熱流の理論的境界について解析を行った。

課題推進者： 都倉康弘(筑波大学)

##### 研究開発課題1-2:量子ビットをベースとする要素技術の研究開発

当該年度実施内容:

超伝導量子ビットの長寿命化および制御・測定時間短縮化については、前年度までの研究で、量子ビットの制御ラインに量子フィルタ(別の量子ビット)を強く結合させると、後者は「吸収飽和のある周波数フィルタ」として動作し、量子ビットの制御ラインへの輻射崩壊を

抑え、長寿命化に寄与することが示されている。本年度は、量子フィルタを複数設ける状況を理論解析し、量子フィルタ個数を増やすことでより長寿命化できるか、量子フィルタの周波数揺らぎを克服できるか、を明らかにした。

また、超伝導系で分散型量子計算を遂行するには、異なるチップ上にあるなど空間的に離れた超伝導量子ビット間に量子ゲートをかける必要がある。本年度は、その要素技術である、超伝導量子ビットと周波数にエンコードしたマイクロ波光子量子ビットとの状態交換 (SWAP)ゲートを、単一光子レベルの微弱な古典マイクロ波パルスを用いて実証する方法を理論提案し、双方向の量子状態転写が起きていることを確認した。状態転写の忠実度は、マイクロ波光子から超伝導量子ビット方向で 0.829、超伝導量子ビットからマイクロ波光子方向で 0.801 に達した。

課題推進者： 越野和樹(東京医科歯科大学)

## 研究開発課題2:調和振動子モードをベースとする要素技術の研究開発

当該年度実施内容:

様々なハイブリッド符号に対する誤り耐性量子計算に必要な精度やリソースの解析手法の開発を目指し、「誤り耐性閾値」「ロス耐性」「リソースコスト」を指標として光によるボソニック符号の量子計算方式の性能評価を行った。具体例として複数のハイブリッド符号の性能評価を行い、GKP 符号 と Cat 符号 のハイブリッド化において利得が大きく期待できることを明らかにした。また、誤り耐性量子計算手法の時間と空間の2種のオーバーヘッドのスケールリングをどこまで小さくできるかという基礎的な問題に対して、複数論理量子ビットの異なる符号を接続する手法を考案し、古典計算の時間を考慮してもなお閾値が存在することと、時間オーバーヘッドが大きく改善することを示した。

課題推進者： 小芦雅斗(東京大学)

## 研究開発課題3:デバイス研究推進のためのソフトウェア技術開発

当該年度実施内容:

QuTiP は、量子状態、演算子、プロパゲータの表現に Qobj()という専用の Python オブジェクトを用いている。この構造は対象の内容やサイズの情報を持ち、データは疎行列として格納されていた。新バージョンの QuTiP v5 の主目標は、別の表現の選択肢を提供する新しい data layer object を組み込むことである。例えば、疎行列より効率的な処理を可能とする小規模量子系用の密な行列表現や、Matrix product state のテクニックを利用可能にするテンソル、他にも CuPy や Tensorflow などの GPU 向けライブラリに適したデータ型、などが扱えるようになる。QuTiP v5 は github リポジトリにてベータ版を公開し、これらの新しい data layer を一般に利用可能とした。以上に加えて、階層方程式ライブラリのハイブリッド環境への拡張やその他様々な QuTiP の改善を行い、v5 ベータ版に組み込んでいる。

課題推進者： Franco Nori(理化学研究所)

(3) 研究開発項目3:誤り耐性型量子コンピュータの性能改善のための量子誤り訂正法の開発とその性能解析

研究開発課題1:新たな量子誤り訂正方式の開発

当該年度実施内容:

量子誤り訂正を実現するためには、量子ビット間の接続性などのハードウェア要求性能を緩和し、量子ビット設計の自由度を高めることで量子演算のエラー率を低減することが重要となる。このため、前年度に量子ビット間の接続性を従来の4つの隣接する量子ビットから3つへと低減する新たな量子誤り訂正法を構築した。接続性を低減させるために補助量子ビットを導入するとともに、それを用いたエラー検出によってエラー耐性も向上させるというアイデアである。令和4年度は、この新手法に対する復号アルゴリズム(エラー検出によるエラーの重みを反映)を構築し性能評価を実施した。この結果、従来手法に比べ接続性を低減しても同等の誤り耐性があること、既存の接続性を低減する他の手法に比べて性能が高いこと、が確認された。また、それと並行し、誤り訂正でミドルウェアに要求される復号化部分を高速に実行できるような、新たなエラー推定方法を実装し、表面符号、XZZX 符号、カラー符号などに応用しその性能評価を行なった。

課題推進者： 藤井啓祐(大阪大学)

研究開発課題2:誤り耐性量子計算に必要なミドルウェアの設計

当該年度実施内容:

表面符号の3次元実装の解析を進め、ノイズの非ローカルな性質がより明らかになった。その中で、エラーの影響には、スタビライザー測定とエラーのタイミングが関係していることが明らかになり、実装上及び動作上の制約を明確化した。また、量子誤り訂正符号のシンδροーム測定で得られる情報を古典計算機で解析するデコーダーに必要な計算時間が量子コンピュータのボトルネックになることが課題として知られており、本研究ではこの課題に対してランダム性を導入した新しい手法を提案することで、量子誤り訂正符号実装上での訂正にかかる古典計算の制約を回避する新しい方向性を示した。量子誤り訂正のエラー閾値についても高い値が得られている。数理的な表現方法については、表面符号での議論を行い数理的表現上の関係性を確認した。

課題推進者： 根本香絵(沖縄科学技術大学院大学学園)

(4) 研究開発項目4:分散型構造を持つ誤り耐性型量子コンピュータの研究開発

研究開発課題1:分散型構造を持つ誤り耐性型量子コンピュータの研究開発

当該年度実施内容:

表面符号に基づく分散型誤り耐性量子コンピュータの構築には、高忠実度の Bell ペアを、離れた量子ビットに対し、できる限り高いクロックレートで供給することが基本となる。昨年度、そのような高忠実度の量子もつれを配る方法として、様々な物質量子ビットとボゾン場の間で得られる分散型 Jaynes-Cummings モデルの相互作用に基づく方式を分散用基本スキームとして想定して考察を進め、従来の分散量子計算スキームで必要とわれてきた量子もつれ蒸留は、量子もつれ生成が十分効率的な場合は、必ずしも必要ではないことを明らかにした。当該年度は、このような分散用基本スキームと量子誤り訂正符号の結合について考察を進め、適合性判断のための要求性能の把握を試みた。具体的には、基本スキームで利用されているハードウェアや通信ネットワーク、インターフェースなどの構成要素に求められる性能・機能へのブレイクダウンを試みた。

課題推進者： 東浩司(日本電信電話株式会社)

## 研究開発課題2:異種量子システムエリアネットワークの分散型誤り訂正の研究開発

当該年度実施内容:

異種ノードタイプの分散メモリ型量子マルチコンピュータでは、アプリケーションのワークロードや起こりうるエラーの特性に注意を払いながら分散量子誤り訂正手法を設計することが重要である。課題の二年目である本年度は、量子化学アプリケーションの分散型バージョンを提案し、解析して各ノードの要求を決定した。アプリケーションを実行するために、ノード間の必要な量子もつれの数を計算した。その結果をもとに、ノード間のインターコネクットのデザインの開発を進めた。特に、チップ上の導波管のデザインを最適化した。また、宇宙線によるデータへの悪影響についての対策を昨年を引き続き進めた。分散型の構造を用いて、ノードを跨ぐ誤り訂正符号とノード内の誤り訂正符号の2つを組み合わせる仕組みを開発した。

課題推進者： Rodney Van Meter(慶応大学)

## 研究開発課題3:分散型量子コンピュータの物理アーキテクチャの研究開発

当該年度実施内容:

分散型量子コンピュータの効率的な物理アーキテクチャの開発に向けて、離れたイオントラップ量子ビット間で光接続により量子もつれを生成する手法を設計し、その数値解析を行った。特に、現状の実験技術を想定したイオン-共振器結合の条件下におけるイオン上準位の自然放出がフィデリティに及ぼす影響を詳細に解析し、フィデリティと量子もつれ生成レート間のトレードオフを定量的に明らかにするとともに、それを達成するための励起条件(断熱/非断熱励起)が、低レート・高レートの領域でそれぞれ異なることを明らかにした。さらに励起パルスの波形最適化によるトレードオフ改善に取り組んだが、その効果は極めて限定的であることを数値的に確認した。また、従来の光接続とは異なる、イオンの調和振動子モードを直接光接続する新しい方式の設計を行った。



課題推進者： 武岡正裕(慶応大学)

(5) 研究開発項目5:誤り耐性型量子コンピュータの新規手法・応用の萌芽的研究開発  
研究開発課題1-1:誤り耐性型量子コンピュータの新規手法・応用の萌芽的研究開発

当該年度実施内容:

計算に指数時間かかる量に対し効率的に検証できるプロトコルである Sum check protocol を量子計算に応用することにより別の方式によるプロトコルを構築した。とりわけ、古典の疑似乱数の量子対応物である Pseudorandom states をベースとした量子暗号プリミティブの構成に取り組んだ。これは、Kretschmer が示したように、一方向性関数なしでも Pseudorandom states は存在しうるため、古典暗号と違って、一方向性関数なしでの量子暗号の可能性を示している。特に、一つのコピーの状態に対して安全であるような1-Pseudorandom states から量子コミットメントを構成した。

課題推進者： 森前智行(京都大学)

研究開発課題1-3:誤り耐性型量子コンピュータの新規手法・応用の萌芽的研究開発

当該年度実施内容:

令和4年度は、量子プロセスの実装コストの一般論の構築および状態変換レート的一般論の構築を目標として研究を行った。まず、量子プロセスのコストの実装については、任意の CPTP-map において、Resource theory of Asymmetry の枠組みで実装をする際に必要なリソース量の下界を普遍的に求めることに成功した。このバウンドは、量子情報処理と対称性の関係について与えられてきた様々な定理を一つに統合する統一定理として機能するほか、量子熱力学やブラックホールなど幅広い範囲に対して機能する。また、状態変換レート的一般論については、昨年度構築した純粋状態 non-iid の変換理論を2つの論文として完成させた。

課題推進者： 田島裕康(電気通信大学)

研究開発課題1-4:誤り耐性型量子コンピュータの新規手法・応用の萌芽的研究開発

当該年度実施内容:

量子状態を正確に制御することは量子コンピュータなどの量子テクノロジーの発展において不可欠である。また量子コンピュータにおいて、量子ビット数の増加に伴って生じる量子ビットの共振周波数の過密化(Level crowding)は量子コンピュータのスケールアップの観点から問題となっている。本研究開発課題は「Level crowding 問題の解決に向けた研究」と「高精度量子ビット制御」の2つに大別される。当該年度、前者においては量子ダイナミクス減速の理論を超伝導量子ビット系で確立し、具体的な2量子ビット系のダイナミクスに

対して量子ダイナミクスを減速するための外場を導出した。さらに、量子ビット間の不都合なポピュレーションの遷移が、単純にパラメータの時間発展を遅くした場合と比較して抑制できることを示した。また、後者においては2量子ビットの高速制御を FF-protocol を使って最適化した。定量的に性能を評価し、どのパラメータ領域でなら高速制御が可能かを明らかにするとともに、実験で実現可能かを検討した。

課題推進者： 増田俊平(産業技術総合研究所)

### 研究開発課題1-5: 誤り耐性型量子コンピュータの新規手法・応用の萌芽的研究開発

当該年度実施内容:

既存の ZX カリキュラスからその公理系を抽出し、代数的、圏論的に整理する作業を行った。ZX カリキュラスについてはその公理系が既に文献において整理されており、技術的な側面についてはある程度は整理が進んでいる。しかし、位相的場の理論との関係をより明確に明らかにするためにはどの側面に注目するのが有効であるのかは明らかでなかった。本年度の研究では、文献の調査の結果、ZX カリキュラスの理解のために重要な代数構造として Frobenius-Hopf 代数に注目するに至った。Frobenius 代数と Hopf 代数は共に位相的場の理論において研究されてきたので、位相的場の理論と ZX カリキュラスとの関係を系統的に議論する代数的枠組みが同定され、次年度以降に ZX カリキュラスの公理系を結び目理論やトポロジーの既知の結果と結びつけるための重要な手がかりが得られた。

課題推進者： 山崎雅人(東京大学)

## 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

- 東京大学工学系研究科に PM 支援体制チームを構築している。事務系統は研究科の支援を受けている。
- 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。9月に運営会議を開催し、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や課題推進者/研究開発機関追加の承認などを行った。企業を含む研究協力体制の在り方について、関係する課題推進者、JST とオンラインミーティングにより検討した。
- 課題推進者の研究の進捗状況の把握に努めた。

研究開発プロジェクトの展開

- 令和4年度は、以下のように新たに課題推進者2名を加え、本プロジェクトの研究開発体制を整えた。分散型量子コンピュータの可能性を追求する研究開発項目4に、新たな課題「分散型量子コンピュータの物理アーキテクチャの研究開発」を設定し、課題推進者(武岡

正裕氏、慶応大)を追加した。具体的な物理系の解析からボトムアップ的にアプローチする視点を加えることで、この項目の強化が見込まれる。同時に、ハードウェアプロジェクトで明示的に扱われている物理系の中で、イオンだけは専門的に取り組む課題推進者が不在であったが、武岡氏が「イオントラップによる光接続型誤り耐性量子コンピュータ」プロジェクト(高橋 PM)と緊密な連携をとることで、この点も解消される。また、本プロジェクトとは別枠の予算で、ムーンショット目標6を明示した形の数理科学的アプローチを用いた研究開発の公募(横断的支援(数理科学)研究開発課題公募)が行われ、東大の山崎雅人氏が採用された。年度途中より項目5の課題推進者として本プロジェクトに加え、数理科学的視点からの研究を強化した。

## (2) 研究成果の展開

- ・知的財産権の運用について協議する場として、必要があれば、知財運用会議を設置することとしていた。知財運用会議の構成は、PMを議長とし、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、およびJSTを参加者とする。今年度は、知財運用会議を開催する案件は生じなかった。
- ・本プロジェクトの参画機関でない企業との連携の話は複数挙がっており、ケースに応じて最善の形態を探っている。
- ・横展開として、「超伝導量子回路の集積化技術の開発」(山本剛 PM)に参画する4機関(企業2、大学2)と、本プロジェクトの項目1(NTT、東大)の間で、超伝導量子計算機の量子ビット以外の部分に関する包括的な低温アーキテクチャに関する研究について、緊密に連携をとって進めるため、共同研究契約の締結を進めている。
- ・最新の技術動向の把握に務めた。

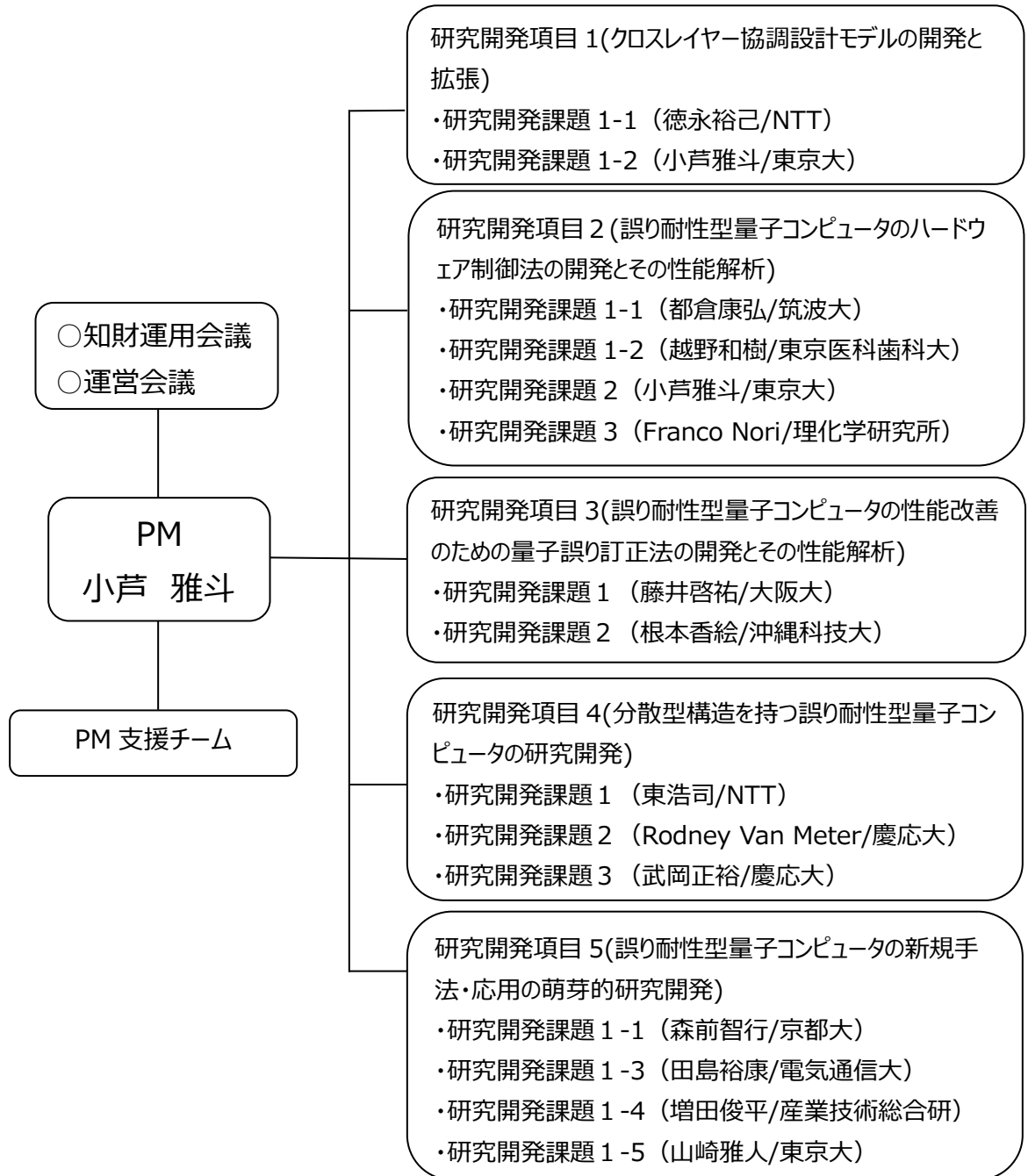
## (3) 広報、アウトリーチ

- ・PMおよび課題推進者が、数百人規模の一般参加のスクールに講師として参加し、初学者向けの量子情報の講義を行うことで、この分野の普及に努めている。
- ・参画機関の企業では、1か月の実習を行うインターンシップのプログラムを利用し、誤り耐性量子コンピュータ関連のテーマとして広く学生を募集し、多数の学生が参加した。この分野への若手の参入の契機になればと考えている。

## (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に基づき、適切なデータ管理に務めた。報告すべき事項を課題推進者に周知し、年次計画開始時のプランに基づき、申告された案件の状況把握を行った。

#### 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

議長: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。当該年度は該当案件なし。

#### 運営会議 実施内容

9月に開催 新たな課題推進者/研究開発機関について承認した。

## 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	15	31	46
口頭発表	34	28	62
ポスター発表	7	10	17
合計	56	69	125

原著論文数(※proceedingsを含む)			
	国内	国際	総数
件数	1	72	73
(うち、査読有)	1	72	73

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	0	0	0
その他	1	0	1
合計	4	0	4

受賞件数		
国内	国際	総数
11	3	14

プレスリリース件数
6

報道件数
42

ワークショップ等、アウトリーチ件数
6