

第 73 回応用物理学会春季学術講演会 シンポジウム報告

T04 誤り耐性量子計算の最前線と展望

企画：応用物理学会量子情報工学研究会、応用物理学会超伝導分科会

日時：2026 年 3 月 15 日（日）13:30～16:50

会場：M-102（本館）＋オンライン（ハイブリッド開催）

シンポジウム世話人：川畑史郎（法政大）、越野和樹（富士通）、齊藤志郎（NTT）、

宮嶋茂之（NICT）、山下太郎（東北大）、山梨裕希（横国大）

近年、世界的に量子コンピュータの開発競争が激化しており、IBM、Google、QuEra、Quantinuum といった海外の主要プレイヤーが先行して研究開発を推進している。中でも、誤り耐性量子コンピュータ（FTQC）の実現は、実用的な量子コンピュータの鍵となる重要課題と位置付けられている。日本においても、Q-LEAP、ムーンショット型研究開発制度、NEDO 事業などを通じて、積極的な取り組みが進められている。

本シンポジウムでは、特にムーンショット型研究開発制度に焦点を当てた。同制度は内閣府主導のもと推進されており、2025 年 11 月に前半 5 年間で終了し、新たな公募を経て、2026 年 4 月より後半 5 年間の取り組みが開始される。本シンポジウムでは、これを踏まえ、「誤り耐性量子計算の最前線と展望」と題し、同プロジェクトを牽引するプロジェクトマネージャーをお招きし、FTQC 開発の最先端の研究成果と今後の展望についてご講演いただいた。当日は、会場参加とオンライン参加を合わせて約 200 名が参加し、盛況のうちに開催された。以下に各講演の概要を紹介する。

シンポジウム冒頭では、小芦雅人先生（東京大学）より、FTQC の実現に向けて、理論研究により要求性能の低減を図る取り組みについてご講演いただいた。FTQC の基本的な仕組みの説明に続き、各レイヤーの研究開発に指針を与える包括的な量子コンピュータ協調設計モデルが紹介された。また、魔法状態生成コストの大幅な削減手法や、空間・時間オーバーヘッドの観点からの各種量子誤り訂正符号（Steane 符号、表面符号、量子 LDPC 符号および近年提案された新規符号）の比較・検討について解説がなされた。さらに今後の展望として、量子ビットの物理特性の違いを踏まえた量子計算アーキテクチャの構築を進めていく方針が示された。続いて、樽茶清悟先生（理化学研究所）より、CMOS 製造と互換性のあるシリコン量子コンピュータの研究開発についてご講演いただいた。量子ゲートの忠実度向上や多量子ビット化の進展に加え、2次元のネットワーク化に向けたシャトリング技術が紹介された。今後は、1次元構造から2次元構造に移行し、最終的には基本的な2次元構造をシャトリングで結ぶことで大規模化を実現する方針が示された。さらに、田淵豊先生（理化学研究所）より、超伝導量子コンピュータの設計指針に関するご講演があった。超伝導量子回路の基礎および量子コンピュータの最前線について紹介いただくとともに、従

来の古典コンピュータとの比較を通じて、開発上の課題が具体例を交えて説明された。また、基板貼り付けによる三次元実装や、超伝導デジタル回路を活用した次世代アーキテクチャの設計方針についても示された。前半最後は、小林和淑先生（京都工芸繊維大学）より、スケラブルな高集積量子誤り訂正システムの開発についてご講演いただいた。古典コンピュータとの比較を通じて量子コンピュータの位置付けが整理されるとともに、量子チップ上位に位置する量子誤り訂正システム、量子ビット制御システム、配線数低減に向けた光インターフェース、ならびにクライオ CMOS の開発状況が報告された。

後半最初の講演では、大森賢治先生（分子科学研究所）より、中性原子を用いた量子コンピュータの研究開発動向と、ムーンショットにおける取組についてご講演いただいた。中性原子方式は、長いコヒーレンス時間、光ピンセットを用いた原子配列の高い自由度、高速な量子論理ゲートといった特長を有している。講演では、ムーンショットで進められているスケラブルな FTQC の開発から社会実装に至るまで、幅広くご説明いただいた。続いて、高橋優樹先生（OIST）より、イオントラップ量子コンピュータの研究開発動向と、OIST における光接続技術を活用した大規模化に関する研究開発についてベンチャーでの取り組みを含めご紹介いただいた。また、山本俊先生（大阪大学）には、量子コンピュータの大規模化技術の一つであるネットワーク型量子コンピュータの研究開発動向と、ムーンショットにおける研究開発についてご講演いただいた。特に、光子と原子・イオンの量子もつれを利用するネットワーク型分散量子コンピュータの開発動向について、要素技術の進展と大規模化に向けたインテグレーションの計画をご紹介いただいた。最後に、御手洗光祐先生（大阪大学）より、量子コンピュータアルゴリズムのこれまでの研究開発動向と、今後の FTQC ユースケース探索に向けた展望について、網羅的にご講演いただいた。とりわけ、ムーンショットで進められている計算物質科学と CAE（計算機援用工学）を中心とした、エンドツーエンドでの量子加速の可能性とその展望についてご説明いただいた。

本シンポジウムを通じて、2030 年の FTQC デモンストレーションに向けて本格的に舵を切り始めたムーンショットの研究計画と、その将来展望が明確に示された。目標達成に向けては、各種量子コンピュータハードウェアプラットフォームにおいて、材料、デバイス、製造、回路、アーキテクチャ、量子エラー訂正といった各技術レイヤーの課題解決と、これらを横断する協調設計の重要性が改めて認識された。さらに、アルゴリズム、アプリケーション、分散ネットワーク化など、分野横断技術との連携の重要性も明確になった。本シンポジウムは、ムーンショットにおける FTQC 実現に向けた研究開発推進の方向性を共有するとともに、その先にある FTQC の商用化を見据えた産学官連携・国際連携の基盤が、我が国において着実に構築されつつあることを認識する極めて重要な機会となった。

ご多忙の中、招待講演をお引き受けいただいた先生方、ならびに会場およびオンラインでご参加・ご聴講いただいた多くの皆様に、世話人一同、深く感謝申し上げます。