大阪大学
THE UNIVERSITY OF OSAKA

Press Release

取り組み

2026 年 11 月 9 日

＼スパコン×量子コンピュータはじめました！／

大阪大学 量子・HPC 連携基盤 SEAFOOD を運用開始

～スパコン OCTOPUS と国産量子コンピュータを OQTOPUS で接続～

❖ 概要

大阪大学 D3 センターと大阪大学量子情報・量子生命研究センター（QIQB）は、D3 センターが運用するスーパーコンピュータ「OCTOPUS※1」と、QIQB が豊中キャンパスに設置・運用する超伝導量子コンピュータを接続し、両者を組み合わせて利用できる 量子・HPC※2 連携基盤 SEAFOOD (Supercomputing Entangled by Ambitious Fusion of OQTOPUS and OCTOPUS at D3C)の運用を 2026 年 12 月より開始します。

SEAFOOD は、D3 センター 伊達 進 教授と、QIQB 上田 宏 准教授らの共同研究グループによる成果に基づき整備されました。国内大学のキャンパス内に設置されている国産量子コンピュータとスーパーコンピュータを連携させた初の事例となります。

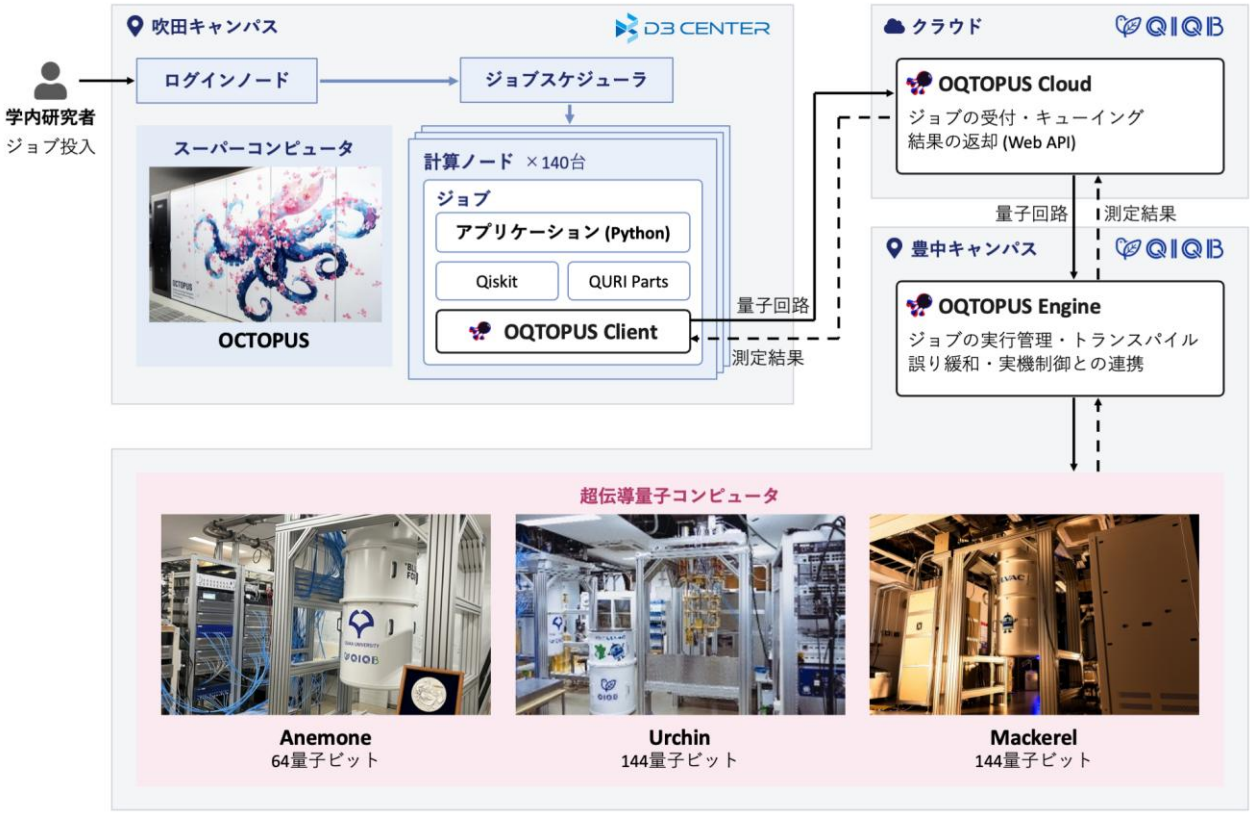


図 1 量子・HPC 連携基盤 SEAFOOD の構成。利用者は OCTOPUS のログインノードからジョブを投入し、計算ノード上のジョブが OQTOPUS の API を介して QIQB 実機に量子回路を送信、測定結果を受け取る。古典側の計算処理は OCTOPUS 計算ノードが担当する。

これまで国内の量子コンピュータは、スーパーコンピュータとは独立したクラウドサービスとして提供されることが一般的で、両者を組み合わせたアプリケーション開発には利用者側で環境を用意する必要がありました。SEAFOOD の接続には QIQB らが開発しオープンソース公開している量子クラウド基盤ソフトウェア「OQTOPUS※3」を用いており、OCTOPUS 上で実行される計算ジョブから、QIQB の量子コンピュータへ直接ジョブを投入し結果を受け取ることができます。これにより、大規模な古典計算と量子計算を交互に繰り返すハイブリッドアルゴリズムを、単一の計算環境の中で開発・実行できるようになります。実証事例として、量子コンピュータでサンプリングした電子配置を HPC 側で対角化する量子化学計算手法 QSCI(Quantum-Selected Configuration Interaction)[参考文献 1] を実装し、量子・古典の役割分担が計算資源の観点から合理的に機能することを確認しました。

SEAFOOD は、これまで構築が困難だった「量子・HPC 連携」を日常的に使える環境として提供し、研究者がアルゴリズム開発に専念できる体制を実現します。また、他機関でのシステム再現も容易であり、運用知見をコミュニティへ広く還元することで、国内外における次世代計算技術の発展への貢献が期待されます。

本開発により、量子・HPC・AI の需要を支える大阪大学の計算基盤が完成しました。今後は、D3 センターと QIQB による共同体制で運用支援を行い、2027 年度は学内研究者を対象に 最大 10 チーム程度の試行利用を受け付けます。利用申請は D3 センターの公募型利用制度の枠組みで受け付け、採択チームは QIQB との共同研究として研究を進めます。

❖ 研究開発の背景

量子コンピュータの実用化に向けては、量子コンピュータ単体で計算を完結させるのではなく、古典コンピュータと役割分担しながら協調動作させる 量子・HPC 連携(Quantum-HPC integration)が現実的なアプローチとして重視されています。現在の量子コンピュータは量子ビット数・演算精度ともに制約があり、誤り緩和、パラメータ最適化、大規模な行列演算、回路のトランスパイルといった処理は古典計算機側で担う方が効率的だからです。

国内では理化学研究所とソフトバンク株式会社らによる JHPC-quantum プロジェクト※4 が、スーパーコンピュータ「富岳」と複数の量子コンピュータを接続する連携プラットフォームの構築を進めています。一方で、大学が自ら保有するスパコンと量子コンピュータを学内で直結し、研究者が日常的に使える形で提供する取り組みは限られていました。

大阪大学は、スーパーコンピュータ OCTOPUS(D3 センター、2025 年 9 月運用開始、総理論演算性能 2.293 PFLOPS)と、超伝導量子コンピュータ実機(QIQB)の双方を学内に保有しています。さらに、量子コンピュータのクラウドサービス運用に必要な基盤ソフトウェア群「OQTOPUS」を自ら開発・公開しており、ハードウェアからソフトウェアまで一貫して手を入れられる稀有な環境にあります。今回の連携は、この強みを活かした取り組みです。

❖ 研究開発の内容:システム構成

量子・HPC 連携基盤 SEAFOOD は次の 3 層で構成されます。

1. **利用者層・HPC 実行層(OCTOPUS)**

   利用者は通常の OCTOPUS 利用と同じ手順で、ログインノードからバッチジョブを投入します。計算ノード上では Python 環境に量子プログラミングライブラリ(Qiskit※5、QURI Parts※6 等)と OQTOPUS クライアント・ライブラリ※7 が導入されており、既存の量子 SDK の記述をほぼそのまま利用できます。

2. **連携層（OQTOPUS）**

   OQTOPUS は、量子コンピュータのクラウドサービス運用に必要なフロントエンド・クラウド・実行環境の各層を網羅するオープンソースの基盤ソフトウェア群です。ジョブの受付・キューイング・実行管理・結果返却を担い、OCTOPUS 計算ノードからの API 呼び出しを量子コンピュータの実行ジョブへ変換します。

3. **量子計算実行層（QIQB 超伝導量子コンピュータ）**

   QIQB が豊中キャンパスで運用する超伝導量子コンピュータ（量子ビットチップは理化学研究所量子コンピュータ研究センターが提供）が量子回路を実行します。トランスパイル、パルス生成、測定、読み出し誤り緩和までを制御システムが担当し、測定結果が OQTOPUS を経由して呼び出し元に返ります。

❖ 利用事例：量子化学計算（QSCI）

連携基盤の最初の実証事例として、量子コンピュータで得た測定サンプルを OCTOPUS へ受け渡し、選択された電子配置が張る部分空間で古典計算を行う QSCI を実装しました。QSCI は、多電子ハミルトニアンの基底状態や励起状態を求める手法の一種で、量子コンピュータと古典コンピュータの役割分担が明確な手法です。

1. **量子側:**目的の電子状態を近似する量子状態を準備し、計算基底で繰り返し測定します。測定で得られたビット列から、重要な電子配置の候補を選びます。
2. **古典側:** 得られた配置の集合が張る部分空間に限定してハミルトニアン行列を構築し、これを厳密に対角化して基底状態エネルギーと対応する波動関数を求めます。

今回実行した結果は下記の通りです。

- 計算条件：4 個の水素原子からなる H_4系を対象に、HPC 環境「OCTOPUS」で前処理と量子回路の生成を行い、量子計算環境「OQTOPUS」上の量子コンピュータ「Urchin」で 1,000 ショットの測定を実施しました。得られた測定データから重要な電子配置を選択し、QSCI により基底エネルギーを求めました。
- 計算結果：QSCI で得られた H_4系の基底エネルギーは −2.1147334880 Ha となり、同一条件の CASCI 計算と一致しました。これにより、OCTOPUS での前処理・量子回路生成から、OQTOPUS 上の量子実機による測定、測定データを用いた古典計算までを一連の量子・HPC 連携計算として実行できることを確認しました。

この構成では、量子コンピュータは「どの配置が重要か」を教える役割に徹し、最終的な行列要素の構築と対角化は古典計算で求められます。量子側の測定に含まれるノイズは、サンプリングされる配置集合の質を下げることはあっても、得られるエネルギーが変分原理による上界であるという性質は保たれるため、現在の誤り耐性を持たない量子コンピュータでも意味のある結果を得やすい点が特長です。

一方で、部分空間のハミルトニアン行列は配置数の増加とともに急速に大きくなり、その構築と対角化には大容量メモリと高い演算性能が必要になります。ここで OCTOPUS の 1 ノードあたり 768 GB の主記憶と 140 ノードの並列計算能力が効きます。「量子コンピュータの出力を、その場でスパコンが受け取って重い計算部分を引き受ける」という、量子・HPC 連携が本質的に必要となる典型例といえます。

❖ 利用方法

2027 年度は、QIQB の量子コンピュータは学内研究者を対象とした試行利用として提供します。利用条件、申請方法等は D3 センター公募型利用制度の募集要項(http://osku.jp/y0162)にて公開しています。

❖ 本研究開発成果が社会に与える影響(本研究開発成果の意義)

本開発による連携基盤は、これまで構築が困難だった「量子・HPC 連携」を日常的に使える環境として提供し、研究者がアルゴリズム開発に専念できる体制を実現します。これにより研究層の裾野が拡大し、量子と古典計算の分業を通じて、従来の計算量では壁に阻まれていた材料設計や創薬分野における強相関電子系問題の解決が加速します。

さらに、オープンソース基盤と標準インタフェースの採用により、特定企業に依存しない技術的自律性を国内に確保しました。他機関でのシステム再現も容易であり、運用知見をコミュニティへ広く還元することで、国内外における次世代計算技術の発展に大きく貢献します。

❖ 今後の展望

今後は標準インタフェースに対応し、HPC のジョブスケジューラから量子コンピュータを直接予約・確保できる高効率な運用体制を構築します。この実装知見をコミュニティへ還元し、連携インタフェースの標準化に貢献します。また、JHPC-quantum 等の全国的な公募型利用制度への参画を通じて、学外の研究者にも計算資源として QIQB 実機を開放する予定です。さらに、量子機械学習や最適化問題への適用に加え、将来の誤り耐性量子計算(FTQC)を見据えたソフトウェア研究など、量子・HPC 連携の強みが活きるアプリケーション領域を順次開拓していきます。

❖ 用語説明

※1 OCTOPUS
大阪大学の D3 センターが運用している高性能計算機システム。
https://www.hpc.cmc.osaka-u.ac.jp/octopus2/

※2 HPC
High Performance Computing(高性能計算)の略。スーパーコンピュータなどの高性能な計算機を用い、大規模なシミュレーションやデータ解析など、通常のコンピュータでは膨大な時間を要する計算を高速に行う技術。

※3 OQTOPUS
大阪大学を中心に、富士通株式会社・株式会社セック・TISI 株式会社(旧 TIS 株式会社)とともに開発した量子コンピュータの基本ソフトウェア。
https://oqtopus-team.github.io/

※4 JHPC-quantum プロジェクト
経済産業省の「ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業(JPNP20017)」の一環として、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が公募・推進する「計算可能領域の開拓のための量子・スパコン連携プラットフォームの研究開発」の支援を受けて実施。
https://jhpc-quantum.org/

※5 Qiskit
IBM 製の量子計算ソフトウェア開発キット

https://www.ibm.com/quantum/qiskit

※6 QURI Parts
QunaSys 製のモジュラーで効率的なオープンソース量子計算ライブラリ
https://quri-sdk.qunasys.com/docs/tutorials/quri-parts/

※7 OQTOPUS クライアント・ライブラリ
OQTOPUS クラウドに通信するためのライブラリ
https://github.com/oqtopus-team/oqtopus-client

❖ SDGs目標



❖ 参考文献

[1] KANNO, Keita, et al. Quantum-selected configuration interaction: Classical diagonalization of Hamiltonians in subspaces selected by quantum computers. Physical Review Research, 2026, 8, 023268.

❖ 特記事項

本研究開発は、科学技術振興機構（JST） ムーンショット型研究開発事業 ムーンショット目標 6「超伝導量子回路の集積化技術の開発（プロジェクトマネージャー：山本剛）Grant No.JPMJMS2067」、文部科学省 光・量子飛躍フラッグシッププログラム（Q-LEAP）「超伝導量子コンピュータの研究開発（研究代表者：中村泰信） Grant No.JPMXS0118068682」、科学技術振興機構（JST）共創の場形成支援プログラム（COI-NEXT）「量子ソフトウェア研究拠点（研究代表者：北川勝浩）Grant No.JPMJPF2014」、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「先進的量子技術基盤の社会課題への応用促進」（研究推進法人：量子科学技術研究開発機構）の研究チームの一つ「国産量子コンピュータによるテストベッドの利用環境整備と運用（研究開発責任者：萬伸一）」によって実施されました。本システム構築・運用には、NEDO「ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業」における開発テーマ「（g1） 量子・スパコンの統合利用技術の開発」（統括責任者：佐藤三久）、および、文部科学省「HPCI 整備計画調査研究」事業における「量子等ハイブリッド（連携）運用環境調査研究」（事業代表者：小松一彦）で得られた量子・HPC ハイブリッドに関するシステム構築・運用技術に関するノウハウが活用されています。

❖ 本件に関する問い合わせ先

＜研究に関するお問い合わせ＞
大阪大学 D3 センター
教授　伊達 進（だて すすむ）
准教授 高橋 慧智（たかはし けいち）
Tel: 06-6879-4411
E-mail: d-sec@ais.d3c.osaka-u.ac.jp
https://www.d3c.osaka-u.ac.jp/

大阪大学量子情報・量子生命研究センター（QIQB）
特任研究員（常勤） 森 俊夫（もり としお）
Tel: 06-6850-8438
E-mail: t.mori.qiqb@osaka-u.ac.jp
https://qiqb.osaka-u.ac.jp/

＜報道に関するお問い合わせ＞

大阪大学 情報推進部情報企画課総務係
E-mail：zyosui-kikaku-soumu@office.osaka-u.ac.jp

大阪大学 量子情報・量子生命研究センター（QIQB）
企画室 プレスリリース窓口
E-mail: press_qiqb@ml.office.osaka-u.ac.jp