

# 仕様書

## 1. 件名

量子・古典協調ジョブ実行における通信遅延の影響評価

## 2. 研究の概要

国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下「産総研」という。）量子・AI 融合技術ビジネス開発グローバル研究センターは、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（QST）からの委託事業「量子・古典ハイブリッドテストベッドの利用環境整備」を実施している。本利用環境においては、量子・古典ハイブリッド技術の効果を実証し、それらを活用したユースケースを創出するため、量子ジョブと古典ジョブが密接に連携するアルゴリズムを効率的に実行する仕組みが必要である。そこで、量子コンピュータと古典コンピュータの両者を同時に予約・確保して、協調的にそれらのジョブをスケジューリングする量子・古典協調ジョブスケジューリング方式の研究を行う。

## 3. 作業の内容

本件は、上述のプロジェクトの一環として、量子ジョブと古典ジョブのそれぞれを実行するコンピュータ間の通信遅延が性能（ジョブ実行時間）に及ぼす影響の評価を実施するものである。

本件では、量子計算フレームワーク Qiskit によって記述された量子・古典ハイブリッドジョブ（以下「ハイブリッドジョブ」という。）を対象とする。ハイブリッドジョブは量子コンピュータ上で実行される量子ジョブと、古典コンピュータ上で実行される古典ジョブから構成される。量子コンピュータは量子ジョブの実行に必要な API（REST API）を提供する。ハイブリッドジョブは、高性能計算システムが提供するジョブスケジューラ経由で、任意の（資源が空いている）古典コンピュータ及び量子コンピュータに割り当てられて、実行される。なお、本作業では量子コンピュータの実機ではなく、古典コンピュータ上の量子回路シミュレータの使用を前提とする。

本作業は以下に示す 2 項目から構成される。

### （1）通信遅延の模擬環境の構築

Qiskit は REST API を介してバックエンドとなる量子コンピュータに処理を要求する。この REST API を界面として通信遅延時間を模擬する仕組みを構築すること。実装の概要を図 1 に示す。

- ・ フロントエンドとバックエンドは、異なる計算サーバー（Amazon Web Services）上に実装し、1Gbps 以上のネットワークで接続すること。計算サーバーは仮想サーバーを用いても構わない。
- ・ バックエンドとして aer 量子回路シミュレータを用いること。
- ・ Linux OS 標準のネットワークエミュレータ（netem）を用いて往復遅延を 0 ミリ秒から 100 ミリ秒の範囲で任意に変更できること。

- Amazon Web Servicesを用いて環境構築すること。

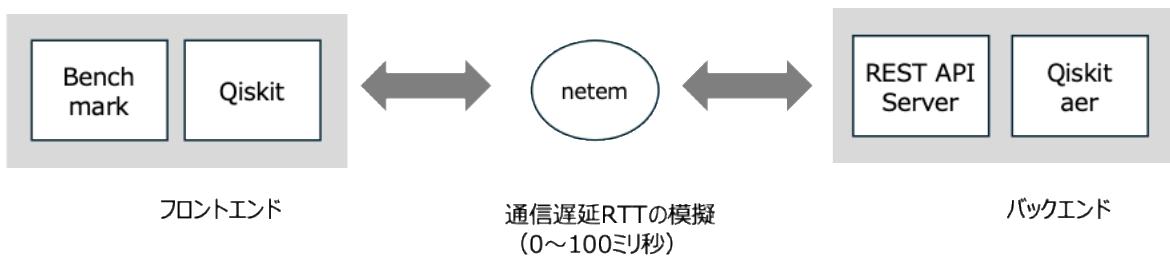


図1：模擬環境の実装イメージ

## (2) 通信遅延がハイブリッドジョブ性能（ジョブ実行時間）に及ぼす影響の評価

(1) の模擬環境上で既存のベンチマークプログラム (QED-C Application-oriented performance benchmark<sup>1</sup>、QASMBench<sup>2</sup>、MQT Bench<sup>3</sup>、SupermarQ<sup>4</sup>) などに含まれる10個以上のアルゴリズム（うち5個以上は量子・古典ハイブリッドアルゴリズムとすること）を用いた性能評価を行い、以下の点についてレポートとしてまとめるここと。

- 実験環境の仕様（ハードウェア仕様、ソフトウェア仕様）
- ベンチマークプログラムの概要
- 往復遅延時間を0、5、10、50、100ミリ秒に変更した場合の実行結果、及び実行時間
- 参考情報：模擬遅延環境を用いずに単一サーバー上での実行結果、及び実行時間
- ベンチマークプログラムの実行スクリプト、実行ログや、結果の集計データ（Excelファイル等）はレポートとは別途提出すること。
- なお、ベンチマークプログラムの詳細は、調達請求者と協議の上決定すること。

## 4. 特記事項

### 4-1. サプライチェーン・リスクへの対応

サプライチェーン・リスクに対応するため、別紙に記載する事項に従って契約を履行しなければならない。

### 4-2. 作業の実施環境

- Linux 系 OS、および量子計算フレームワークが標準で対応するプログラミング言語（Python、C/C++等）を用いること。
- 量子計算フレームワークとして Qiskit バージョン 1.4 以降を用いること。左記以外の量子計算フレームワークを用いる場合は、調達請求者と協議の上決定す

<sup>1</sup> <https://github.com/SRI-International/QC-App-Oriented-Benchmarks>

<sup>2</sup> <https://github.com/pnnl/QASMBench>

<sup>3</sup> <https://www.cda.cit.tum.de/mqtbench/>

<sup>4</sup> <https://github.com/anonymousr007/SupermarQ>

ること。

- (3) Amazon Web Services IAM アカウントを貸与する。本業務における量子・古典協調ジョブ実行および通信遅延の影響評価に必要な AWS の使用に係る利用料については、産総研が負担するものとする。ただし、当該 AWS 利用は本業務の遂行に必要かつ合理的な範囲に限るものとする。
- (4) 調達請求者と作業実施要員とで、定期的に打ち合わせを行い、進捗を確認すること。頻度は 2 週に 1 回程度を予定している。

#### 4-3. 要員等の能力、要件

- (1) 量子コンピュータや量子クラウドサービスに関する基本的な知識があり、Qiskit やCirq等の量子計算フレームワークを用いた業務実績があること。
- (2) 高性能計算システムを用いたアプリケーションやミドルウェアを開発した業務実績があること。
- (3) オンプレミスの高性能計算システムと商用クラウドを連携するハイブリッドクラウドシステム（クラウドバースティング、メタスケジューラ等）を開発した業務実績があること。
- (4) Linuxを用いたネットワークプログラミングに関する業務実績があること。
- (5) 情報セキュリティに関して十分な知識を有し、開発作業の機密性を十分に担保し情報提供を行えること。
- (6) 英語および日本語いずれのドキュメント（LinuxのマニュアルやABCIユーザガイド等）も判読して作業を行えること。

#### 5. 貸与品

- (1) Amazon Web Services IAMアカウント 要員分

#### 6. 完成品の試験・確認

納入前に、動作確認試験に係る試験仕様書を調達請求者に提出し、承認を得ること。その後、動作確認試験を実施し、その結果を動作確認試験報告書として提出すること。なお動作確認試験報告書には、試験仕様書を含めること。

#### 7. 納入物品

ソースコード、ドキュメント類は電子データとして作成し、調達請求者が指定するファイル転送サービス等を用いて納入すること。

- (1) 3. (1) 及び (2) の開発物のソースコード 一式
- (2) 3. (2) の性能評価レポート 1部
- (3) 3. (2) のベンチマークプログラムの実行スクリプト、実行ログや、結果の集計データ 一式

**8. 納入の完了**

作業完了後、「7. 納入物品」に記載された納入物品が過不足なく納入され、仕様書を満たしていることを確認して、納入の完了とする。

**9. 納入期限及び納入場所**

納入期限：2025年8月29日（金）

納入場所：〒135-0064 東京都江東区青海2-4-7

国立研究開発法人産業技術総合研究所

量子・AI融合技術ビジネス開発グローバル研究センター

臨海副都心センター 別館（バイオ・IT棟）5階5203室

**10. セキュリティ要件****・情報セキュリティポリシーに関する要件**

- (1) 本業務の履行に当たっては、産総研の情報セキュリティポリシー（別途定める読み替え条項に従うものとする。以下同じ。）※1を遵守するとともに、情報セキュリティポリシーにおいて産総研に求められる水準の情報セキュリティ対策を講じること。なお、産総研の情報セキュリティ規程については、下記URLを参照のこと。その他の情報セキュリティポリシーの詳細については受注者決定後に提示する。

【国立研究開発法人産業技術総合研究所情報セキュリティ規程】

[https://www.aist.go.jp/Portals/0/resource\\_images/aist\\_j/outline/comp-legal/pdf/securitykitei.pdf](https://www.aist.go.jp/Portals/0/resource_images/aist_j/outline/comp-legal/pdf/securitykitei.pdf)

- (2) 産総研の情報セキュリティポリシーの見直しが行われた場合は、見直しの内容に応じた情報セキュリティ対策を講じること。なお、対応内容については産総研担当者に事前に報告し承認を得ること。

**・その他セキュリティに関する要件**

- (1) 受注者は、本業務の履行に際して、秘密である旨を示されて提供を受けた秘密情報を秘密として適切に保持することとし、第三者に開示又は漏洩してはならない。
- (2) 受注者は、本業務の履行によって知った一切の情報を本業務の履行以外の目的に利用してはならない。契約終了後も同様とする。
- (3) 提供する資料は産総研担当者の了解なしに所外に持ち出してはならない。
- (4) 産総研の所外へ持ち出した資料については一覧を作成し、産総研担当者に提出すること。なお、契約終了後、速やかに返却または廃棄し、産総研担当者に報告すること。
- (5) 受注者は、契約締結後、情報セキュリティ管理体制を記載したドキュメントを産総研担当者に提出すること。
- (6) 受注者は、本業務において、受注者の従業員若しくはその他の者によって、意図せざる変更が加えられない管理体制とすること。

- (7) 受注者は、産総研の求めに応じて、資本関係、役員等の情報、委託事業の実施場所並びに委託事業従事者の所属、専門性（情報セキュリティに係る資格・研修実績等）、実績及び国籍に関する情報提供を行うこと。
- (8) 本業務にかかる情報に関する情報セキュリティインシデントが生じた場合、速やかに報告の上、原因の分析を実施し、産総研担当者と対処内容及び再発防止策を検討すること。当該インシデントへの対処を実施するにあたっては、事前に産総研担当者の確認を得ること。
- (9) 情報セキュリティインシデントが生じたことで、受注者の作業環境等の確認が必要となった場合には、産総研の調査に協力を行うこと。
- (10) 本業務の履行における情報セキュリティ対策の履行状況を確認するため、産総研が提示するチェックリストの内容に基づき、定期的に情報セキュリティ対策の履行状況を報告すること。※2
- (11) 産総研担当者より、情報セキュリティ対策の履行が不十分であると指摘された場合は、速やかに是正処置を講ずること。
- (12) 本業務の履行における情報セキュリティ対策の履行状況を確認するために、産総研が情報セキュリティ監査の実施を必要と判断した場合、受注者は、産総研が定めた実施内容（監査内容、対象範囲、実施者等）に基づく情報セキュリティ監査を受け入れること。
- (13) 受注者は、産総研の許可なく、本業務の一部又は全部を第三者（再委託先）に請け負わせてはならない。ただし、受注者に求めている情報セキュリティ対策を、再委託先が実施することを再委託先に担保させるとともに、再委託先の情報セキュリティ対策の実施状況を確認するために必要な情報を産総研に提供し、承認申請書を提出して、事前に産総研の書面による承認を受けた場合はこの限りではない。

## 11. 成果の取扱い

- (1) 産総研は、受注者がプログラム作成により得られた技術上の成果のうち産総研が指示するもの（以下「成果」という。）についての利用及び処分に関する権利を専有するものとする。
- (2) 受注者は、成果に係るソフトウェアの著作権（著作権法第27条及び第28条に規定する権利を含む。）及び意匠登録を受ける権利を産総研に譲渡するものとし、著作人格権行使しないものとする。ただし、パッケージ製品に係るものは除く。
- (3) 受注者は、産総研に対し、納品した成果品が第三者の知的財産権を侵害しないことを保証するものとする。なお、納品した成果品について、第三者の権利侵害の問題が生じ、その結果、産総研又は第三者に費用や損害が生じた場合は、受注者は、その責任と負担においてこれを処理するものとする。

## 12. 付帯事項

- (1) 本仕様書の技術的内容に関する質問等については、調達請求者と協議すること。
- (2) 本仕様書に定めのない事項及び疑義が生じた場合は、調達担当者と協議のうえ決定する。

## サプライチェーン・リスク対応に係る特記事項

### 1. サプライチェーン・リスクへの対応

受注者は、機器等の意図的な不正改造及び情報システム又はソフトウェアに不正なプログラムを埋め込むなど、国立研究開発法人産業技術総合研究所(以下、「産総研」という。)の意図しない変更が加えられたときに生じ得る情報の漏えい若しくは破壊又は機能の不正な停止、暴走その他の障害等の情報セキュリティ上のリスク(以下「サプライチェーン・リスク」という。)に対応するため、受注者は「IT 調達に係る国の物品等又は役務の調達方針及び調達手続に関する申合せ」(平成 30 年 12 月 10 日関係省庁申合せ)に基づく対応を図らねばならない。

### 2. 意図しない変更に対する対策

- ①受注者は、本業務の履行に際して、サプライチェーン・リスクが潜在すると知り、又は知り得るべきソースコード、プログラム等(以下「ソースコード等」という。)の埋込み又は組込みその他産総研担当者の意図しない変更を行ってはならない。
- ②受注者は、本業務の履行に際して、サプライチェーン・リスクが潜在すると知り、又は知り得るべきソースコード等の埋込み又は組込みその他産総研担当者の意図しない変更が行われないように相応の注意をもって管理しなければならない。
- ③受注者は、本業務の履行に際して、情報の窃取等により研究所の業務を妨害しようとする第三者から不当な影響を受けるおそれのある者が開発、設計又は製作したソースコード等(受注者がその存在を認知し、かつ、サプライチェーン・リスクが潜在すると知り、又は知り得るべきものに限り、主要国において広く普遍的に受け入れられているものを除く。)を直接又は間接に導入し、又は組み込む場合には、これによってサプライチェーン・リスクを有意に増大しないことを調査、試験その他の任意の方法により確認又は判定するものとする。

### 3. サプライチェーン・リスクにかかる調査の受け入れ体制

- ①受注者は、本業務に産総研担当者の意図しない変更が行われるなど不正が見つかったときは、追跡調査や立入検査等、産総研と連携して原因を調査し、サプライチェーン・リスクを排除するための手順及び体制を整備し、当該手順及び体制を示した書面を産総研担当者に提出しなければならない。

### 4. サプライチェーン・リスクを低減するための対策

- ①受注者は、サプライチェーン・リスクを低減する対策として、本業務の設計、構築、運用・保守の各工程における不正行為の有無について定期的または必要に応じて監査を行う体制を整備するとともに、本業務により産総研に納入する納入物品に対して意図しない変更が行われるリスクを回避するための試験を行わなければならない。当該試験の項目は、情報セキュリティ技術の趨勢、対象の情報システムの特性等を踏まえ、受注者において適切に設定するものとする。
- ②機器の納入であり、かつ、設計、構築、運用・保守の各工程が存在しない場合は、4. ①の対応は不要。

## 5. 受注者の業務責任者等

- ①受注者は、本業務の履行に従事する業務責任者及び業務従事者(契約社員、派遣社員等の雇用形態を問わず、本業務の履行に従事する全ての従業員をいう。以下同じ。)を必要最低限の範囲に限るものとする。
- ②機器納入であり、かつ、設計、構築、運用・保守の各工程が存在しない場合は、5. ①の対応は不要。

## 6. 再委託

### 6.1 本業務の第三者への委託の制限

受注者は、産総研の許可なく、本業務の一部又は全部を第三者(再委託先)に請け負わせてはならない。ただし、6.2に定める事項を遵守する場合はこの限りではない。

### 6.2 第三者への委託に係る要件

- ①受注者は、本業務の一部又は全部を第三者に再委託するときは、再委託先の事業者名、住所、再委託対象とする業務の範囲、再委託する必要性について記載した承認申請書を、委託元である産総研に提出し、書面による事前承認を受けなければならない。
- ②受注者は、本業務の一部又は全部を第三者に再委託するときは、再委託した業務に伴う再委託者の行為について、全ての責任を負わなければならない。
- ③受注者は、知的財産権、情報セキュリティ(機密保持を含む。)及びガバナンス等に関して、本仕様書が定める受注者の責務を再委託先も負うよう、必要な処置を実施し、その内容について委託元である産総研の承認を得なければならない。
- ④受注者は、受注者がこの仕様書の定めを遵守するために必要な事項について本仕様書を準用して、再委託者と約定しなければならない。
- ⑤受注者は、前号に掲げる情報の提供に加えて、再委託先において本委託事業に関わる要員の所属、専門性(情報セキュリティに係る資格・研修実績等)、実績及び国籍についての情報を委託元である産総研へ提出すること。
- ⑥受注者は、再委託先において、産総研の意図しない変更が加えられないための管理体制について委託元である産総研に報告し、許可又は確認(立入調査)を得ること。

## 7. その他

- ①提出された資料等により産総研担当者に報告された内容について、サプライチェーン・リスクが懸念され、これを低減するための措置を講じる必要があると認められる場合に、調達担当者は受注者に是正を求めることがあり、受注者は相当の理由があると認められるときを除きこれに応じなければならない。
- ②産総研は、受注者の責めに帰すべき事由により、本情報システムに産総研担当者の意図しない変更が行われるなど不正が見つかった場合は、契約条項に定める契約の解除及び違約金の規定を適用し、本業務契約の全部又は一部を解除することができる。