

仕 様 書

1. 件名

量子コンピュータによる多期間ポートフォリオ最適化ソフトウェア開発

2. 研究の目的

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では、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第3期課題「先進的量子技術基盤の社会課題への応用促進」の研究開発テーマ「新産業創出・生産性向上等に貢献するユースケース開拓・実証」において、金融分野における量子コンピュータの実用化に係る研究開発を推進している。

本テーマでは、金融分野において量子コンピュータを活用し、高度なリスク評価の実現や複雑化する金融犯罪への対応、そして、次世代の金融取引を支える革新的な基盤技術の確立を目指し、量子コンピュータアルゴリズムの改良や実証評価のためのソフトウェア開発および実証を進めている。

本開発作業は、金融課題の中でも特に計算負荷が高い「多期間ポートフォリオ最適化問題」に焦点を当て、量子コンピュータを用いた効率的な解法の開発を目指すものである。多期間ポートフォリオ最適化問題とは、将来の市場変動における不確実性や取引に伴うコストなどを動的に考慮しながら、複数期間にわたる最適な資産配分戦略を決定する、金融工学における極めて重要かつ計算複雑性の高い課題の一つである。本開発作業では、量子コンピュータを用いて「多期間ポートフォリオ最適化問題」を効率的に解く量子アルゴリズムについて技術調査を行い、それらを実装するプログラム開発および試計算を行う。

3. 作業の概要

本作業は、量子コンピュータを用いて多期間ポートフォリオ最適化問題を効率的に解く手法の開発を目的として実施するものである。本作業では、最適化問題を解く一般的な量子アルゴリズムをベースに、量子ランダムアクセスコード（QRAC、Quantum Random Access Codes）による効率的なデータのエンコードと、Controlled-FQS（Free-Axis Selection）による最適化

プロセスの改善を通じて、計算コストの削減および精度向上を実現する新たな量子最適化手法の開発を目的とする。

具体的な作業内容は以下のとおりである：

(1) QRAC・Controlled-FQSに関する文献調査

QRACによるデータエンコードとControlled-FQSによる最適化の実行に関する文献調査を行い、既存の量子最適化アルゴリズムに応用する手順について整理する。

(2) 量子アルゴリズムの設計と実装

文献調査に基づき、既存の量子最適化アルゴリズムにQRACとControlled-FQSを組み込み、多期間ポートフォリオ最適化問題を解くアルゴリズムをプログラムとして実装する。

(3) 古典アルゴリズムの調査と実装

量子アルゴリズムとの比較を行うために、多期間ポートフォリオ最適化問題を解く古典アルゴリズムを調査し、これを実装する。

(4) テスト計算の実施

「(2) 量子アルゴリズムの設計と実装」で実装した量子アルゴリズムを用いて多期間ポートフォリオ最適化問題を解き、古典アルゴリズムで得られた解と比較することで、実装したプログラムが正常に動作していることを確認するとともに、量子アルゴリズムの性能を評価する。

本作業を通じて、既存の量子最適化アルゴリズムにQRAC・Controlled-FQSを組み込むことで、大規模な問題にも適用可能な量子最適化手法を開発することを目指す。

4. 作業項目

(1) QRAC・Controlled-FQSに関する文献調査

(2) 量子アルゴリズムの設計と実装

(3) 古典アルゴリズムの調査と実装

(4) テスト計算の実施

5. 作業項目別仕様

5-1. QRAC・Controlled-FQSに関する文献調査

本作業では、QRAC と Controlled-FQS の技術的詳細、ならびに実装方法について調査し、その成果を整理・報告する。具体的には、既存の量子最適化アルゴリズムに QRAC を応用する手法について文献を調査し、QRAC を用いた効率的な状態準備やデータエンコーディングの実装方法を整理する。Controlled-FQS についても調査し、技術的な特徴や実装上の考慮事項を整理する。

5-2. 量子アルゴリズムの設計と実装

本作業では、文献調査の結果に基づき、QRAC および Controlled-FQS を既存の量子最適化アルゴリズムに組み込み、多期間ポートフォリオ最適化問題を解くソフトウェアを設計・開発する。具体的には、まず、多期間ポートフォリオ最適化問題を量子コンピュータで扱えるように定式化する方法を調査する。次に、既存の量子最適化アルゴリズムをベースに、QRAC を用いたデータのエンコードと、Controlled-FQS による最適化を実装する。なお、コードは Qiskit を用いて作成し、量子コンピュータ実機とシミュレータの両方でアルゴリズムを実行できるように実装を行う。

5-3. 古典アルゴリズムの調査と実装

本作業では、量子アルゴリズムとの比較のために、多期間ポートフォリオ最適化問題を解く古典アルゴリズムを調査し、プログラムとして実装する。また、解の最適性を評価する指標について文献調査を行い、古典アルゴリズムと量子アルゴリズムによって得られた解の優劣を評価する機能を実装する。

5-4. テスト計算の実施

開発したプログラムを用いて試計算を実施する。量子・古典アルゴリズムの両方で同じ問題を解き、解の最適性を評価・比較する。試計算に用いるデータは、作業開始後に、調達請求者から指示する。

6. 特記事項

- (1) 月に 1 日程度、オンラインまたは対面で調達請求者に作業進捗報告を行うこと。
- (2) 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。

7. 受注者に必要な要件等

本作業を行うには量子コンピューティング、特に量子アルゴリズム設計・実装、および金融工学に対する高度な知見が求められるため、本開発に従事する事業者は、次の項目について、開発実績や学術論文など公表可能な実績を有していることを証明すること。

- (1) ゲート方式の量子コンピューティング技術全般に係る受託調査
- (2) ゲート方式の量子アルゴリズム（変分アルゴリズムおよび最適化）に関する研究開発
- (3) ゲート方式の量子コンピュータにおけるデータエンコーディングに関する研究開発
- (4) 金融分野におけるゲート方式の量子アルゴリズム開発
- (5) 量子コンピュータ（Qiskit）に係るプログラム開発
- (6) ゲート方式の量子コンピュータ実機を用いたアルゴリズム開発およびノイズ評価・緩和に関するアルゴリズム開発

8. 作業完了の確認方法

本作業は、「9. 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. 納入物品

下記、産総研が指示する方法にて電子媒体で納入すること。

※原則として USB メモリ等の外部電磁的記録媒体は用いないこと。

- (1) QRAC および Controlled-FQS の実装方法に関する調査報告書 一式

- (2) 多期間ポートフォリオ最適化問題を解くプログラムソースコード 一式
- (3) 試算に係る作業報告書 一式

10. 納入期限及び納入場所

納入期限：2026 年 3 月 23 日（月）

納入場所：〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1

国立研究開発法人産業技術総合研究所

つくばセンター中央事業所 2 群 2-11A 棟 042020

11. 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。）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

- (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。
- (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。

12. 成果の取扱い

- (1) 産総研は、受注者が本作業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無償で譲渡するものとし、著作権人格権を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。

1 3. 付帯事項

- ・ 本仕様書の技術的内容及び知り得た情報に関しては、守秘義務を負うものとする。
- ・ 納入されたプログラム等における発注側の責めによらず発生した納入の完了後 1 年以内の動作不良等不具合については、その補修、調整等責任をもって無償で速やかに行うこと。
- ・ 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。
- ・ 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こと。

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。