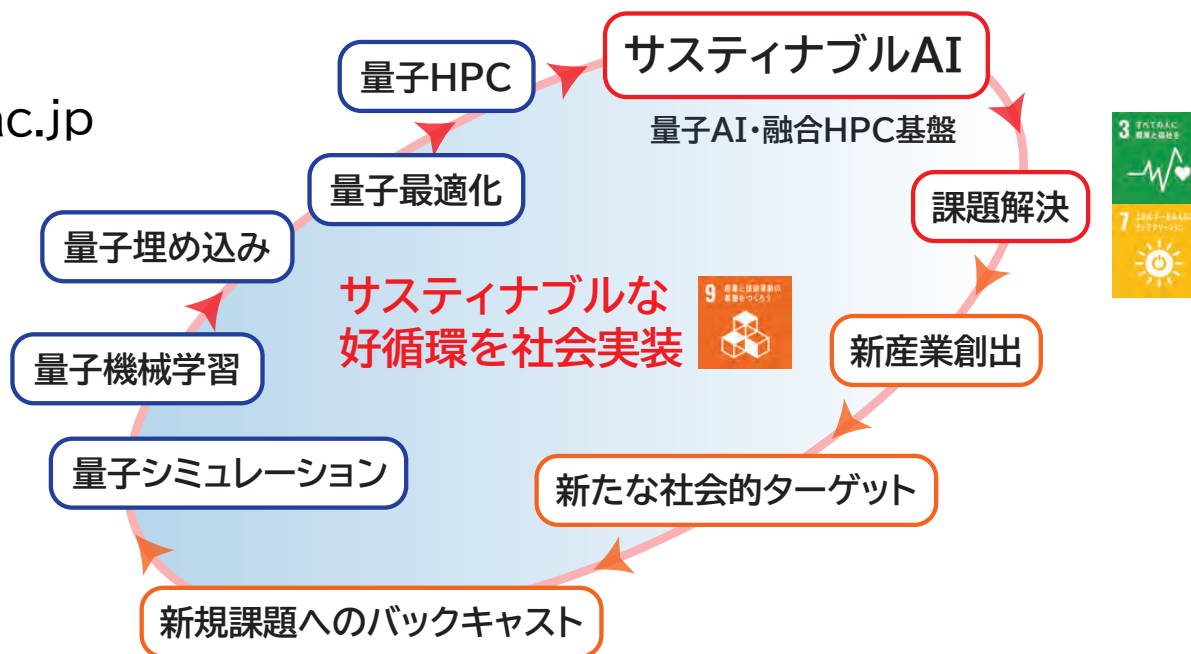


# 東京大学大学院理学系研究科「サステイナブル量子AI研究拠点」と産学官連携体制

東京大学大学院理学系研究科  
藤堂眞治  
wistaria@phys.s.u-tokyo.ac.jp  
<https://sqai.jp/>



拠点名称：量子ソフトウェアとHPC・シミュレーション技術の共創によるサステナブルAI研究拠点

|      |  |            |                          |
|------|--|------------|--------------------------|
| 代表機関 | 東京大学   | プロジェクトリーダー | 藤堂眞治<br>東京大学大学院理学系研究科 教授 |
| 参画機関 | (大学等) 慶應義塾大学、理化学研究所、沖縄科学技術大学院大学、シカゴ大学<br>(企業等) 川崎市、Amoeba Energy株式会社、SCSK株式会社、株式会社Quemix、京セラ株式会社、JSR株式会社、株式会社TIER IV、凸版印刷株式会社、トヨタ自動車株式会社、日鉄ソリューションズ株式会社、International Business Machines Corporation、株式会社三井住友フィナンシャルグループ、株式会社日本総合研究所、株式会社バイトルヒクマ、BIPROGY株式会社、blueqat株式会社、みずほサーチ&テクノロジーズ株式会社、三菱ケミカル株式会社、株式会社三菱UFJフィナンシャル・グループ、村田機械株式会社 |            |                          |

プロジェクトの概要

量子ソフトウェアとHPC・シミュレーション技術の融合により、サステナブルなAI技術を開拓する。具体的には、少数データ・少数パラメータでも有効な量子機械学習手法と、固体・原子核・実時間ダイナミクスを扱える多体問題量子シミュレーション手法を開発し、テンソルネットワークなどの量子埋め込み技術とさまざまな量子最適化技術を駆使することで、量子機械学習・量子シミュレーション・量子計測デバイスを結合した量子AI技術を創出する。さらに、量子オフローディングや量子AIエッジコンピューティングのための量子HPC基盤を構築・展開する。それによりクラウドからエッジまで誰もがシームレスに量子AI技術を利用できる融合環境を実現し、健康・福祉、エネルギー問題といった重要な社会課題の解決に貢献する。量子HPC基盤の活用が進むことで、新しいアイデアに基づく新規ビジネス・企業の参入が促され、新たに直面する課題が次の世代の量子AI技術の研究開発を加速する。このような量子AI技術に支えられた「創発を生み出すサステナブルな好循環」を実装することで、我が国の生産性革命の促進や新産業創出・国際競争力が持続する社会の実現を目指す。



# 古典AIの課題を克服し「サステイナブルAI」の創出へ

## ・AIの「スケーラビリティ」

- ・従来の機械学習:精度を上げるにはより**大量の学習データ**と**複雑な学習モデル**が必要
- ・ムーアの法則の終焉:HPC技術における**微細化・高速化の限界**

## ・量子AIの可能性・将来性

- ・近年の**量子デバイス技術**の進展
- ・**少数データ、少数パラメータ**による高度な量子機械学習
- ・古典計算が難しい**量子多体問題**の量子シミュレーション
- ・量子シミュレーション・量子計測と量子機械学習の**直接結合**
- ・**古典HPC基盤**との融合

## ・拠点ビジョン ⇒ 3つのターゲット ⇒ 5つの研究開発課題

### ビジョン



量子ソフトウェアとHPC・シミュレーション技術の共創によるサステイナブルAIが拓く未来

- ・エネルギーの不安なしに情報技術を存分に活用できる社会
- ・携帯端末にいたるまで量子技術が普及し数千万人の人々がその恩恵を受けられる社会
- ・量子AIに支えられた生産性革命や新産業創出が持続する社会

### ターゲット

サステイナブル量子機械学習手法の創出

量子AIにむけた多体問題量子シミュレーション手法の革新

量子HPC基盤の構築と展開

### 研究開発課題

1. 量子機械学習による高汎化技術と最適化の統合 (量子機械学習)
2. 物質・材料科学のための多体問題量子シミュレーション手法開発 (量子シミュレーション)
3. 量子埋め込みに基づく量子古典融合アルゴリズム開発 (量子埋め込み)
4. 量子機械学習/量子シミュレーションの高度化のための最適化技術開発 (量子最適化)
5. CPU~GPU~QPUの統合による量子HPC基盤構築 (量子HPC)

創薬

金融

自動運転

ライフサイエンス

プラント最適化

素粒子・原子核物理

プロセス最適化

マテリアル開発

### 量子機械学習による高汎化技術と最適化の統合

- ・少数データ・少数パラメータに対する量子機械学習手法の開発
- ・データの符号化と学習・推論結果の統合技術の開発

### 物質・材料科学のための多体問題量子シミュレーション手法開発

- ・周期系、格子系に対する多体問題量子シミュレーション手法
- ・量子機械学習とのダイレクト結合によるマテリアルズ・インフォマティクス

### 量子埋め込みに基づく量子古典融合アルゴリズム開発

- ・テンソルネットワーク・サンプリングによる新しい量子/古典アルゴリズム
- ・テンソルネットワークの枠組みによる量子埋め込み

### 量子機械学習/量子シミュレーションの高度化のための最適化技術開発

- ・ゲート式量子コンピュータ/量子アニーリングマシン/イジングマシンと機械学習の融合アルゴリズム
- ・量子回路のゲート最適化・量子コンパイラ

### CPU~GPU~QPUの統合による量子HPC基盤構築

- ・新しいデータやアルゴリズム表現形式によるシームレスな統合
- ・量子コンピュータと次世代HPCIの統合環境構築とユーザへの展開

# 量子コンピュータの将来と研究開発の方向性

---

- 量子計算機のみ、古典計算機のみということはない
  - 量子古典ハイブリッド、量子量子ハイブリッド
  - 量子古典インターフェースをどう設計するか？
  - 量子と古典の境界の位置を少しずつ動かす
  - 量子データやアルゴリズムの表現形式→「量子埋め込み」
- ゲート型 vs アニーラーという2極構造から多様化
  - NISQ != lesser FTQC
- 10年後の量子アーキテクチャのメインストリームは？
  - 命令セットを固定してしまってもよいのか？
  - multi-controlled gate (CCCCXなど)を部品として使うのは正しいのか？
- フレームワーク、ライブラリ、ベンチマークセット
  - 安定し成熟した量子ソフトウェアスタックの整備は急務
  - 一方で、2,3年に一度ゼロから設計し直すくらいの覚悟、体力が必要
  - 分野の広がり、多様性の観点からも大学におけるソフトウェア開発は重要
- 若手開発者のキャリアパス
  - ソフトウェア開発は(大学では)評価されにくい。計算科学とも共通する課題

# 産学官連携と量子人材育成

---

## • 産学官連携

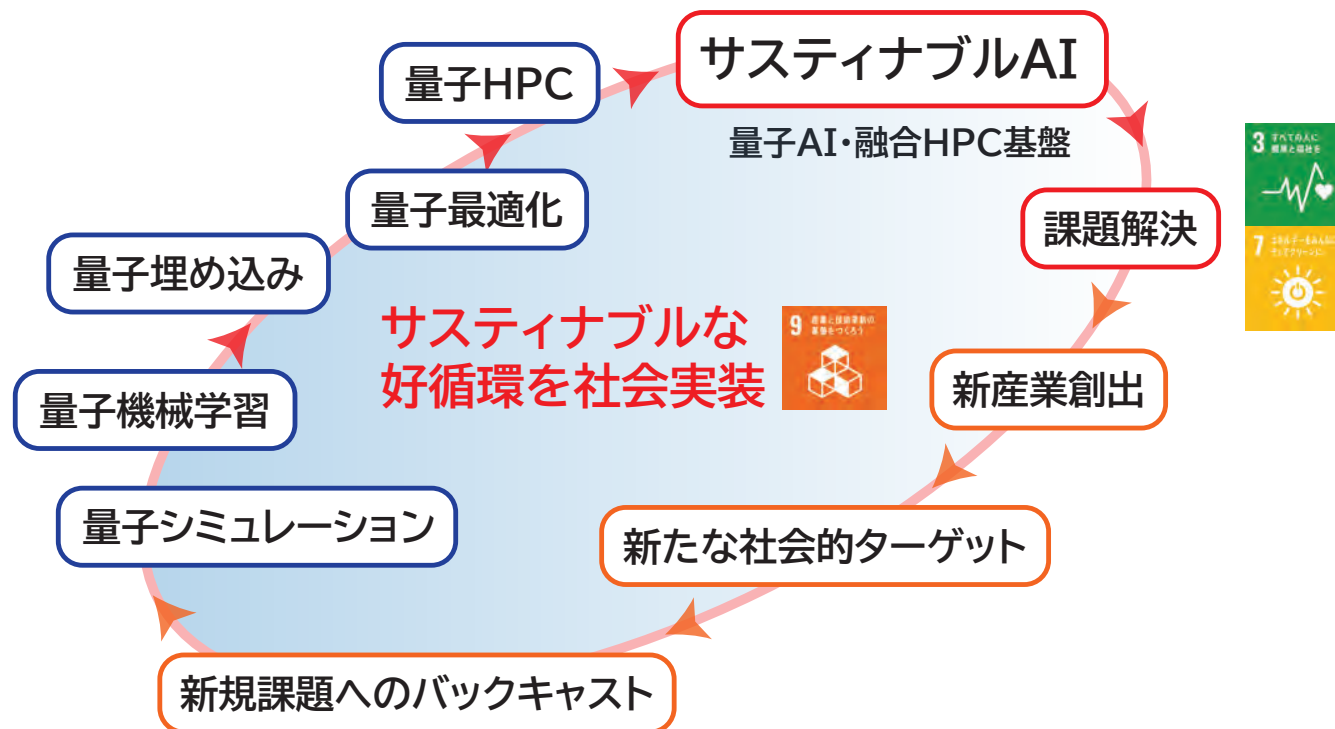
- 使ってみることは大事。だが、基礎研究に立ち戻ることがまだまだ重要なフェーズ
- 研究所を持っていない中小企業が参入できる環境作り
- 共創の場＝「ゆるやかな研究所」
- 産 $\leftrightarrow$ 学 $\leftrightarrow$ 官、産 $\leftrightarrow$ 学、だけではなく、産 $\leftrightarrow$ 産連携が生まれる場所作り

## • 量子人材育成

- 中学高校～大学初年次～大学院
  - 量子ネイティブ人材育成プログラム(川崎市)～Q-Native～量子科学技術フェローシッププログラム(Q-STEP)～「量子ソフトウェア」寄付講座
- 社会人教育
  - 量子人材育成～共創の場リーダー人材育成～マネジメント層への同時教育

## 拠点ビジョン

## 量子ソフトウェアとHPC・シミュレーション技術の共創によるサステイナブルAIが拓く未来



### 解決すべき社会課題

- **すべての人の健康と福祉**：創薬・医療診断・自動運転・異常検知技術・金融サービスで解決
- **エネルギー問題・温暖化**：シミュレーション・MI・サプライチェーン最適化で解決
- **新しい産業と技術革新**：創発を生み出すサステイナブルな好循環により解決

### 目指す社会実装

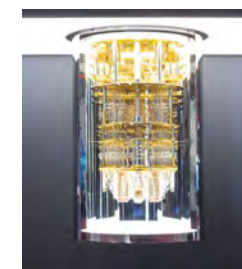
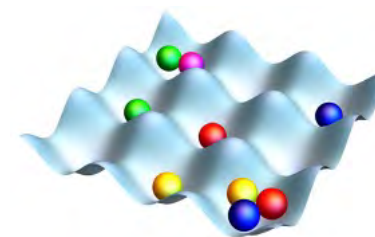
- リソースの壁を乗り越えた**量子AIの創出**と**融合HPC基盤**
- 新産業創出から新しいターゲットにつながる**創発のサステイナブルな好循環**



# 本拠点の強みと他拠点との連携

## ・「サステナブル量子AI研究拠点」の強み

- ・ 東大・慶應・理研・OIST・シカゴ大の量子分野・HPC分野における**卓越した研究力**と**優位性**
  - ・ 少数データ・少数パラメータ量子機械学習
  - ・ 固体・実時間ダイナミクス量子シミュレーション
  - ・ テンソルネットワーク量子古典融合表現
  - ・ 量子ゲート～量子アニーリング～イジングマシン～機械学習を網羅
  - ・ 量子コンピュータ実機と世界最高峰「富岳」との融合
- ・ サイエンスを支える**サポート力**
  - ・ 「量子AI創発コンシェルジュ」
- ・ 研究成果を具体的に社会実装し新産業の創出につなげる**展開力**
  - ・ 川崎市による強力な産官学連携サポート



## ・「量子ソフトウェア研究拠点」や「量子航法科学技術拠点」との連携

- ・ 量子AIの発展に不可欠な高度な要素技術:量子ソフトウェア開発プラットフォーム、量子化学計算アルゴリズム、誤り耐性アルゴリズム、最先端量子計測技術など
- ・ 既存拠点との密接な連携を通じて要素技術を柔軟に取り込む
- ・ 量子埋め込み・量子最適化技術により融合し「サステナブルAI」を確立



# 東大本郷メイン拠点と新川崎サテライト拠点

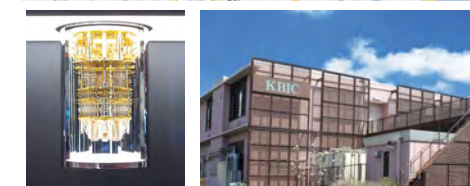
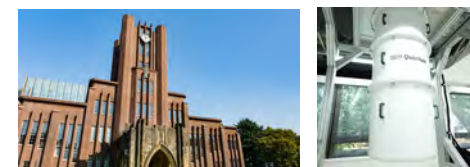
## ・東大本郷メイン拠点

- ・国内外の研究者ネットワークのHub
- ・拠点運営機構内に「量子AI創発コンシェルジュ」を設置
  - ・ 研究開発企画・研究開発基盤・産学連携マネジメント・外部リソース獲得・人材育成を推進
- ・量子コンピュータ・古典HPC実機利用
- ・量子人材育成・リーダ育成・グローバル人材育成



## ・新川崎サテライト拠点（新川崎・創造のもり）

- ・東大・慶應・理研・OIST・参画企業・川崎市の共創の場
  - ・ 全参画機関のメンバーの対話と研鑽
- ・量子技術を活用したスタートアップ企業の創出・活性化
  - ・ 大企業や高い技術を持つ中小企業が集積する川崎市
  - ・ 量子技術が様々な新興分野の企業に広く浸透するHub
- ・人材育成
  - ・ 高校生を対象とした早期人材育成
  - ・ 産学官連携活動を通じた研究・拠点運営マネジメント人材育成



・研究者ネットワークから生まれる着想・アイデア ⇒ 新川崎で起業・事業化・実装へ

# 拠点の自立化に向けて

## ・東京大学のミッション (UTokyo Compass)

- ・地球規模の課題の解決へ貢献し世界の公共を担うために創造的に自らの実践をデザインし、インクルーシブで自由なより良い未来社会を創造
- ・人類社会が直面する地球規模の課題に関し、機械学習などのデータ科学も含むあらゆる分野の英知を結集してその解決に取り組む

## ・東京大学「量子イニシアティブ構想」

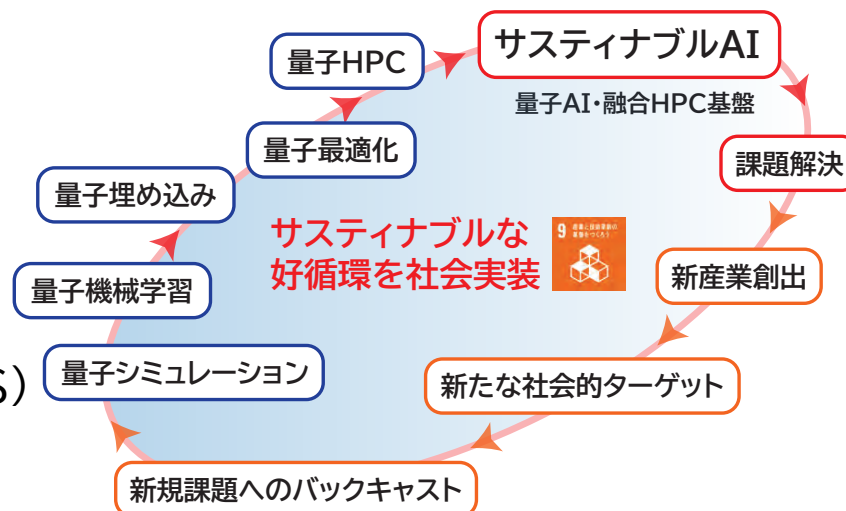
- ・量子技術を今後の最重要テーマの一つと位置づけ、量子技術を世界に先駆け社会実装
- ・本拠点を量子イニシアティブ構想の一つの柱として強化・持続
- ・予算制度改革・事務業務改革・人材育成制度改革

## ・慶應(私立大研究拠点)、理研(国研・HPC)、OIST(国際性)、川崎市(企業連携)とともに

- ・新川崎・創造のもりに集い産学協創を強化・発展

## ・自立化に向けた外部リソース獲得

- ・共同研究契約による研究開発・実証研究・社会実装
- ・量子HPCの普及に向けたコンソーシアム形成
  - ・ソフトウェアライセンス
  - ・量子HPC・量子AIソリューション(SaaS・PaaS)
- ・スタートアップ・ベンチャー・VCの参画を呼び込む



- **サステナブル量子AI研究拠点ホームページ**
  - <https://sqai.jp/>
- **サステナブル量子AI研究拠点キックオフシンポジウム**
  - 日時: 2023年1月23日(月) 13:00-17:30
  - 場所: 東京大学小柴ホール+オンライン
  - <https://sqai.jp/index.php/event/18/>
- **お問い合わせ**
  - 研究に関すること
    - 東京大学大学院理学系研究科 教授
    - 藤堂眞治 [wistaria@phys.s.u-tokyo.ac.jp](mailto:wistaria@phys.s.u-tokyo.ac.jp)
  - 拠点全般に関すること
    - サステナブル量子AI研究拠点事務局「量子AI創発コンシェルジュ」
    - [conciierge@sqai.jp](mailto:conciierge@sqai.jp)