

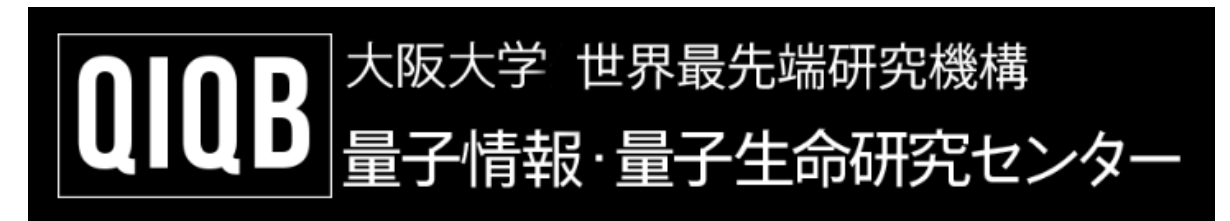


# 量子ソフトウェア研究拠点

量子拠点の現状・産学官連携体制の強化

藤井 啓祐

大阪大学基礎工学研究科 教授  
大阪大学 量子情報・量子生命研究センター 副センター長  
理化学研究所 量子コンピュータ研究センター チームリーダー



# JST COI-NEXT 量子ソフトウェア拠点

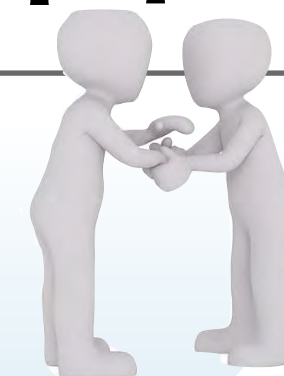
## 量子コンピュータソフトウェア開発のエコシステムをボトムアップで醸成

### ユーザー・コンソーシアム

#### 量子ソフトウェア勉強会



企業における  
量子人材育成



次世代を担う  
量子人材の育成

### 開発者・事業者

使うだけではなく作る人、  
事業化する企業も必要

事業化・起業化への支援

### 研究開発課題

- ・ AI・数理データ科学への応用
- ・ 化学・物性など計算物質科学への応用
- ・ 基盤的アルゴリズム・ソフトウェア開発
- ・ クラウドシステムの構築
- ・ 制御装置開発
- ・ 量子コンテストベッド構築

### アカデミック研究者

“We are still discovery mode.”  
by J. Taylor

### 基礎研究

Q-LEAPやMoonShotなどの  
プロジェクト成果を実践の場に



企業等: 44機関



大学等: 4機関



企業44社、4機関

# 量子ソフトウェア勉強会

## 優秀な学生を全国から募集し、企業人材とともに実践の場で量子ソフトウェアを学ぶ

### 2022年度の教育プログラム

#	日程	タイトル	担当講師
1	6/10(金)	量子コンピュータの現状と展望 (学術/業界/情報基盤)	藤井啓祐・野口裕信、宇都宮聖子・針原佳貴 (アマゾン ウェブ サービス ジャパン)
2	6/24(金)	量子計算の基礎	藤井啓祐
3	7/1(金)	量子アルゴリズムの基礎	御手洗光祐
4	7/15(金)	量子機械学習の基礎	御手洗光祐
5	7/22(金)	量子コンピュータとビジネス	市川翼・町田尚子・藤田
6	7/29(金)	量子コンピュータの物理的実現方式	小川和久・山下真
7	8/5(金)	量子エラー補償の基礎	箱嶋 秀昭
8	8/19(金)	クラウドで量子計算が行われる仕組み/量子回路最適化	榎本尚之、米澤康好(Ca)
9	8/26(金)	Amazon Braket を用いた実機・シミュレータでの開発	宇都宮聖子・針原佳貴
10	9/9(金)	量子コンピュータと量子化学計算の基礎	水上渉・吉田悠一郎
11	9/16(金)	量子アルゴリズム各論/質問大会	藤井啓祐
12	9/30(金)	量子コンピュータと金融実務計算	宮本幸一
13	10/7(金)	量子インスパイアード古典アルゴリズム	高比良宗一

### 前半座学：全13回 4時間/1回



全国の学生  
104名が受講



Search the docs ...

#### CONTENTS:

- Qulacsの基本的な使い方
- ラムゼイ干渉をプロットする
- 変分法を用いて量子演算を特定の演算で分解する
- ランダム量子回路と量子ボリューム
- サンプリングによってオブザーバブルの期待値を推定する
- パラメータシフト法による勾配最適化
- 簡単な量子回路学習を実行してみる
- 量子カーネル法を使ってみる
- Qulacsでの混合状態
- リチャードソン外挿法と指数関数外挿法を実装してみる
- 擬確率法を実装してみる
- 古典コンピュータを使った量子化学計算を実行してみる
- 量子コンピュータ上に量子化学の問題をマッピングする
- 量子変分固有値法 (VQE) を用いた基底状態計算
- Qamuyを使った量子コンピュータ x 量子化学計算
- 位相推定アルゴリズム
- グローバル探索量子アルゴリズムをほとんど実装する

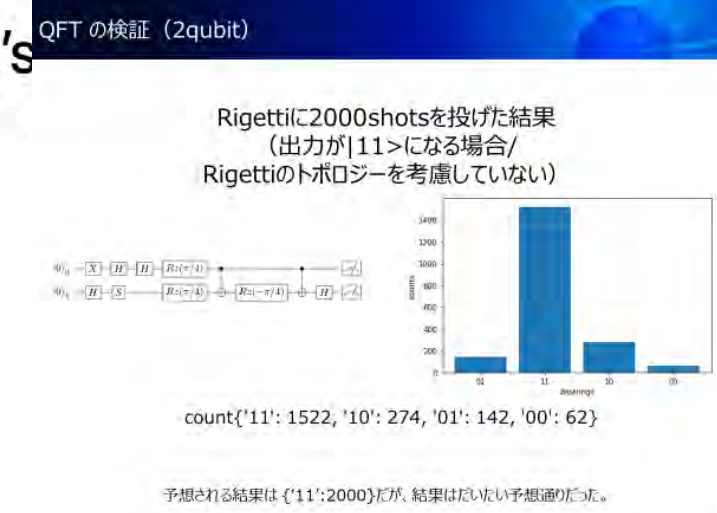
### Welcome to Qaultum Software Hands on's documentation!

#### Contents:

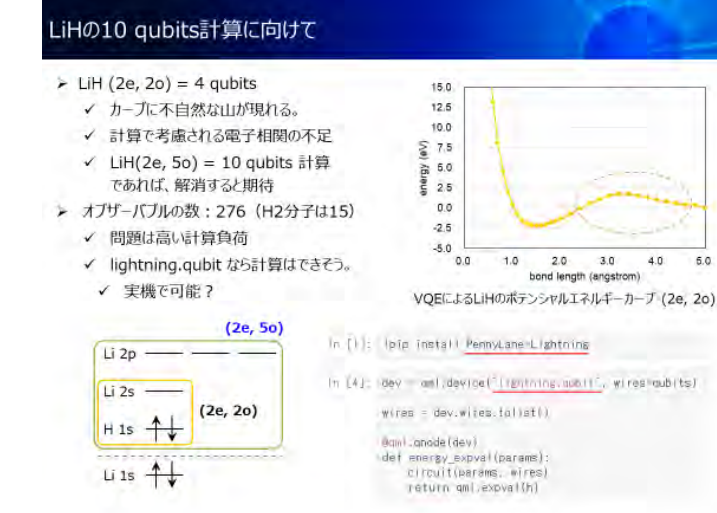
- Qulacsの基本的な使い方
  - QuantumStateクラス：量子状態の取扱
  - 量子演算とその実行
  - 量子回路の構成
  - 量子回路の可視化
  - Qulacsの計算速度を体感
  - Observable クラス
- ラムゼイ干渉をプロットする
  - 直接期待値を計算する
  - サンプリングで期待値を推定する
  - ノイズありのラムゼイ干渉
- 変分法を用いて量子演算を特定の演算で分解する
  - 最大エンタングル状態の生成
  - エンタングルメント忠実度を計算する
  - 忠実度を最適化することで、演算の分解を見つける
  - 応用編：CNOT演算を分解する
- ランダム量子回路と量子ボリューム
  - ランダム量子回路
  - Heavy Output を生成する
  - 実際にサンプリングをして、heavy outputを得る確率を推定してみよう
- サンプリングによってオブザーバブルの期待値を推定する
  - オブザーバブルを定義する
  - 適当な状態を準備する
  - サンプリングを試みる。
- パラメータシフト法による勾配最適化
  - パラメータシフト法による勾配最適化
  - 最適化
  - 発展編：統計ノイズのもとでの勾配降下法
- 簡単な量子回路学習を実行してみる

グループワーク:(学生と社会人がチームを組んで教員のサポートのもとミニプロジェクトを進める)

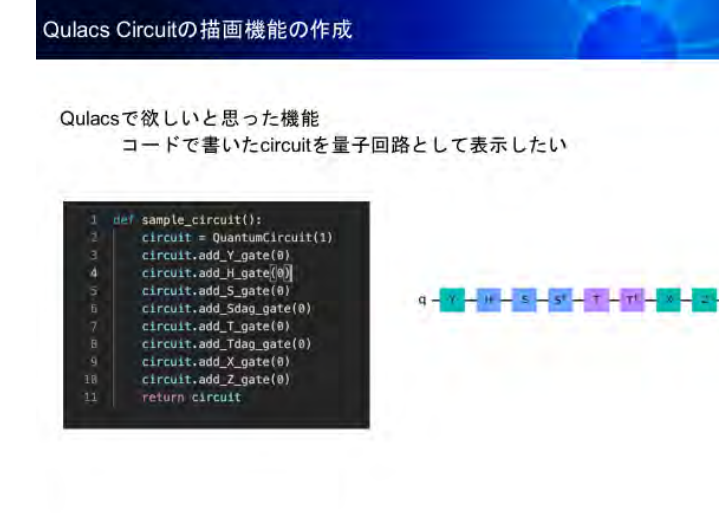
### AWS Rigetti



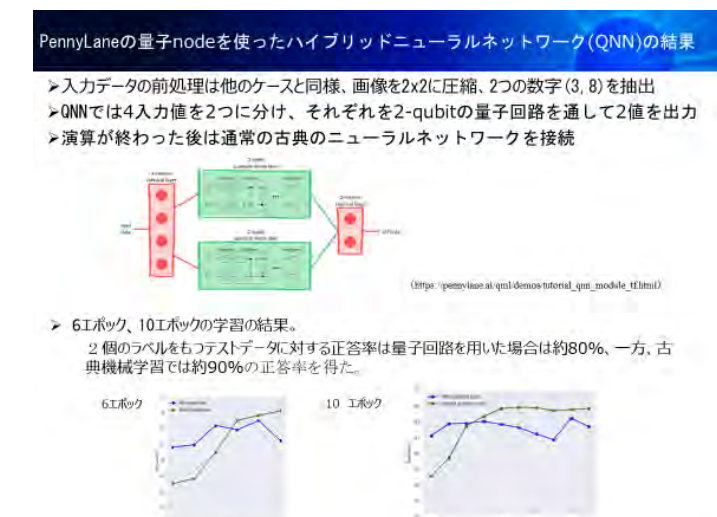
### AWS LiH



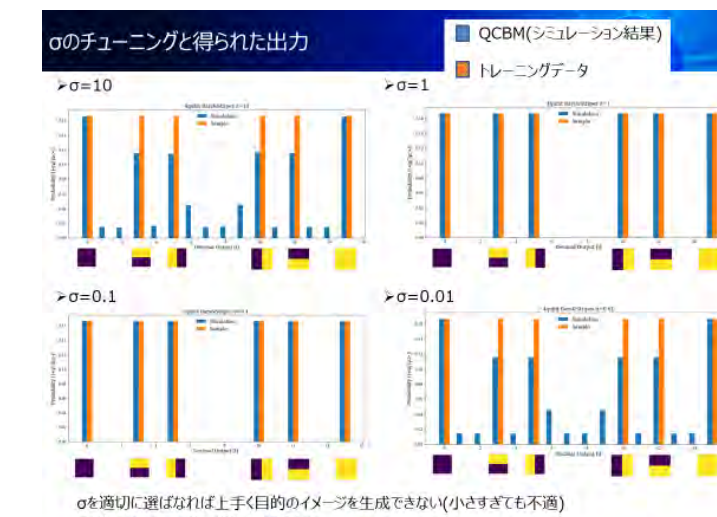
### クラウドシステム



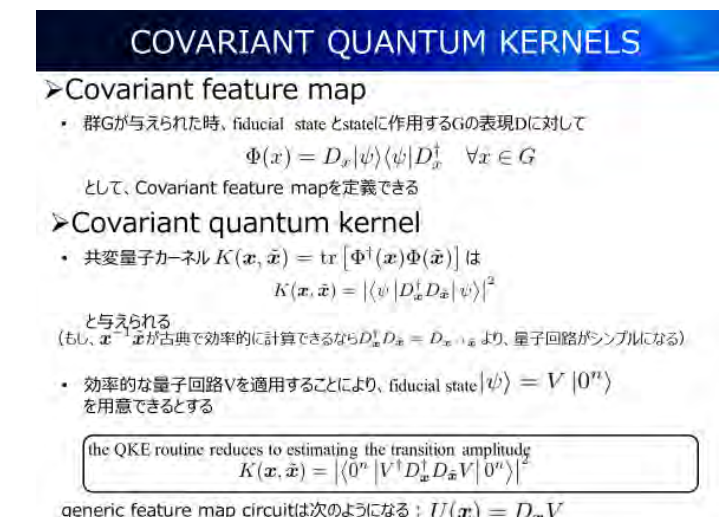
### 量子機械学習



### 量子機械学習



### 量子機械学習

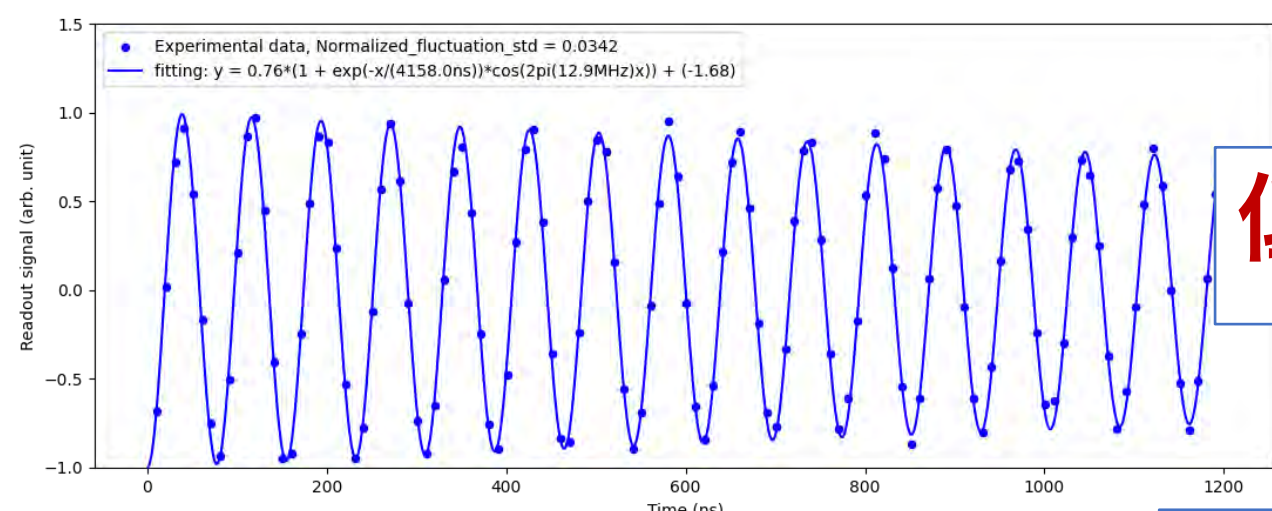


- 量子コンピュータや量子ソフトウェアを作りながら学び、各社の得意分野へと応用
- 学生さんは量子コンピュータに関わったキャリアパスを知る機会

Pythonを用いたハンズオン教材を公開

# 阪大実機：国産要素技術のテストベッド

## 量子ビットの動作テスト Rabi振動(1qubitゲート)



低温ケーブル：コアックス

低雑音電源：エヌエフ回路

低温サーキュレータ：LNF

制御装置：阪大  
(→キュエルへ  
ライセンス)

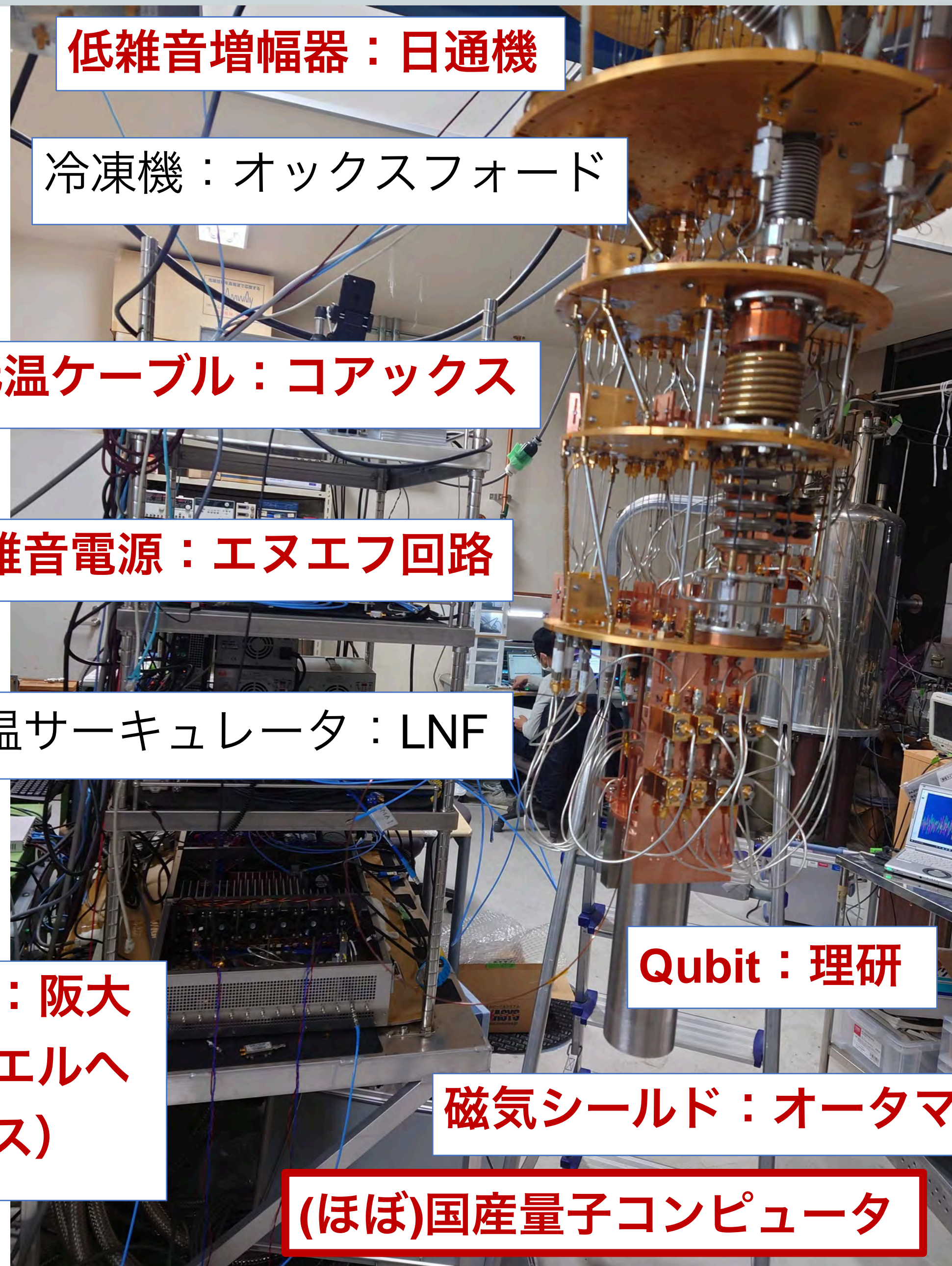
Qubit：理研

磁気シールド：オータマ

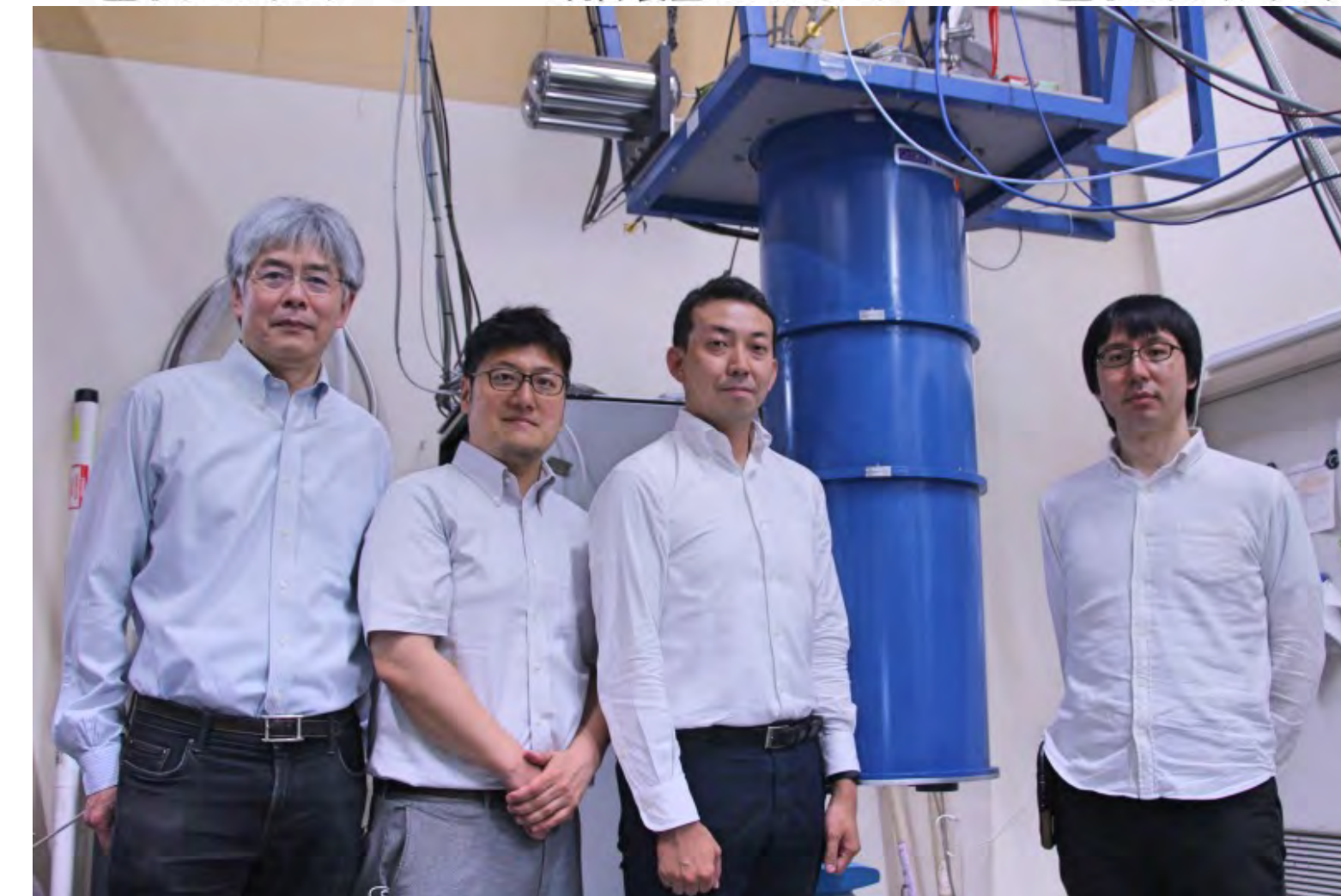
(ほぼ)国産量子コンピュータ

低雑音増幅器：日通機

冷凍機：オックスフォード



## QuEL：量子ミドルウェアベンチャー



量子コンピュータハードウェア開発は  
長期的な戦い。  
国産要素技術の強みを伸ばす仕組み作  
りが重要。

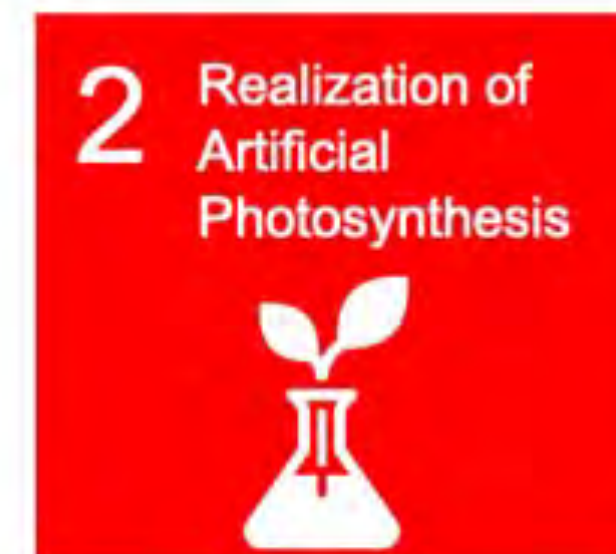
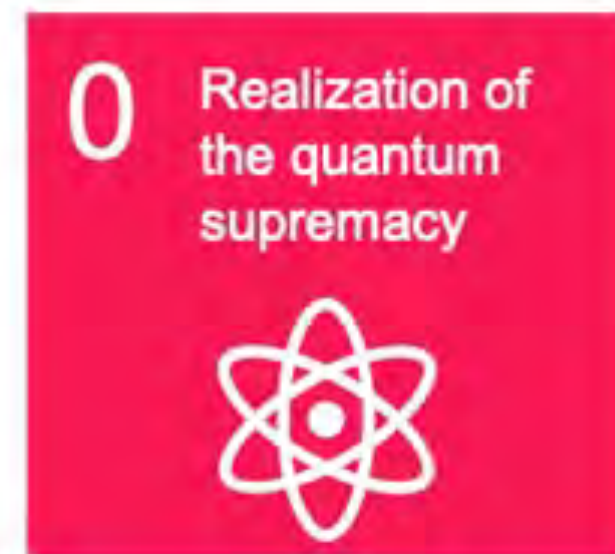
# 量子ソフトウェア拠点からみた論点

- 量子コンピュータハードウェア・ソフトウェアは順調かつ着実に進化している。
- それ以上に過剰な(根拠のない)期待も膨らんでいる (期待値のマネージメント) 。
- NISQデバイスはまだ価値のある使いかたを見つけられていない (アプリケーションの不確実性) 。
- 確実なゴール、誤り耐性量子コンピュータには技術的ブレークスルーが多数必要 (技術的不確実性) 。
- これらの不確実性は世界のプレイヤーに平等に存在。不確実であることを悲観的に捉えるか、パラダイム転換のチャンスと捉えるかが分水嶺。
- 企業の量子分野へのコミットは(例外を除いて)まだ小さい。10人規模のチームをもつ企業を増やす仕組みづくり。
- 量子系スタートアップも圧倒的に少なく、エコシステムができてない。
- 日本では不確実性をチャンスへと自然と促す雰囲気づくり (=可視化) が重要。
- それらの源泉となる人を育てる場 (学科・専攻・研究室・教育者の育成) が必要。

# 量子コンピュータ(量子技術)とSDGsを繋ぐ：SDQs

**SD**  **s:**

**Sustainable Development by Quantum Advantages**



**株式会社QunaSysが運営するQPARC（約50社が参画）にて  
SDQs研究会を準備中（2023年度より開始）**

海外のプレイヤーとも連携しつつ、量子コンピュータの脱炭素化への貢献を整理し量子コンピュータ研究を加速させる枠組みを構築することを目的とした研究会です

## 活動で明らかにしたいこと

量子コンピュータの活用により、**ESG貢献が可能な領域を明確にする**

ESG視点での、**量子コンピュータのROI (経済価値&CO2削減効果)を明確にする**

量子コンピュータでESG貢献を実現するために**必要な研究開発の手順を明確にする**

量子コンピュータ活用に向けた**企業の研究開発活動を正しく評価するための評価基準を明確にする**

## 対象とする悩み

### 【興味ある層全般】

量子コンピュータに取り組みたいけど、どの領域のどんなテーマで取り組めばよいかわからない

### 【マネジメント】

量子コンピュータに取り組みたいけど、その取組意義を、合理的に経営陣 (&その先の投資家) に説明できない

### 【技術者】

量子コンピュータに取り組みたいけど、どんな研究開発を行えば意義があるのかわからない

### 【投資家】

量子コンピュータ活用に積極的な企業を投資家として評価したいが、取り組みの専門性が高すぎて正しく評価ができない

活動を通じて、各層の悩みに答えることにより、

- 量子コンピュータの研究開発に取組みやすくする
- 結果として、研究開発と実用化を正しい方向に加速する

ことが一番の狙い