

# 当社の取り組み

# オープンイノベーションによる研究推進



## 国内外との**世界トップレベル**の研究体制

### ハードウェア



<https://riken.jp>

<https://tudelft.nl>

理化学研究所

デルフト工科大

超伝導方式  
新方式

### ソフトウェア



<https://entrance.es.osaka-u.ac.jp>

<https://blog.waterlooeoc.ca>

Quantum Benchmark facebook

大阪大

ウォータールー大

Quantum  
Benchmark社\*

量子アルゴリズム  
エラー緩和・訂正技術

理化学研究所・東大、蘭デルフト工科大、QB社との共同研究を開始

\*現キーサイト・テクノロジー社

# 量子コンピューティングの研究開発

- ▶ 量子デバイスからアルゴリズム、アプリまですべての領域をカバー
- ▶ ハードは幅広く可能性を追求

## 技術領域

量子アプリケーション

量子アルゴリズム

量子基盤ソフトウェア

量子状態制御

量子デバイス、集積

Quantum Benchmark社\*

大阪大学

材料、創薬、金融など

量子化学計算、量子機械学習など

エラー緩和技術

エラー訂正技術

制御回路

制御回路

制御回路

超伝導方式

ダイヤモンドスピン方式

其他方式

理化学研究所

デルフト工科大学

広く検討

\*現キーサイト・テクノロジー社

# ハードへの取り組み：超伝導方式

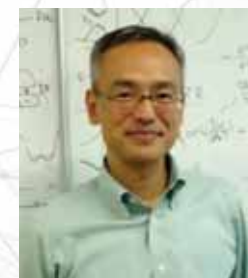
FUJITSU

理研RQC－富士通連携センターを設立 2021/4/1

## ■ ミッション：量子コンピュータ実用化に向けた基盤技術の確立

- 1000量子ビット級の大規模化を可能にするハードウェア、ソフトウェア技術
- 試作する実機を利用した、エンドユーザーを巻き込んだアプリケーション開発

- 超伝導回路が量子化された2準位系人工原子を量子ビットとして使用
- 理研・東大の持つ独自の量子ビット制御・読み出し技術、集積回路方式が武器
- 富士通研の持つ材料、デバイス、回路、システム技術を融合し大規模化を狙う



中村教授



超伝導量子ビットチップ (図提供：理研)

# 取り組み内容の具体例：ハードウェア



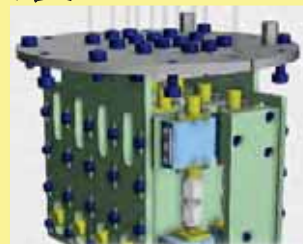
- 量子計算応用
- 量子アルゴリズム
- 量子エラー訂正プロトコル
- 量子ゲート回路
- 制御ソフトウェア・ミドルウェア
- デジタル制御エレクトロニクス
- マイクロ波変調復調装置
- マイクロ波制御・読み出し配線
- パッケージ実装
- 超伝導量子ビット集積回路

技術レイヤー詳細

## 配線・部品の高密度実装

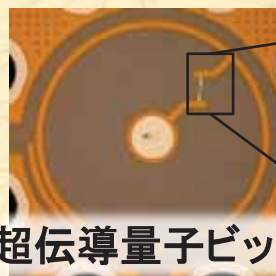


冷凍機内部配線

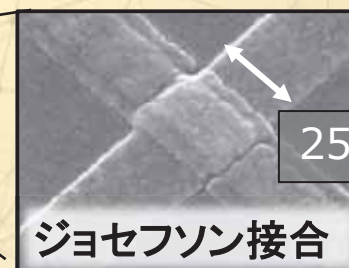


読み出し装置

## 量子ビットの安定製造 (1000個のばらつき抑制)



超伝導量子ビット



ジョセフソン接合

250nm

(図提供：理研)

# 取り組み内容の具体例：ソフトウェア



量子計算応用

量子アルゴリズム

量子エラー訂正プロトコル

量子ゲート回路

制御ソフトウェア・ミドルウェア

デジタル制御エレクトロニクス

マイクロ波変調復調装置

マイクロ波制御・読み出し配線

パッケージ実装

超伝導量子ビット集積回路

技術レイヤー詳細

## エンドユーザーとのアプリケーション開発



触媒・材料



フィンテック



量子AI

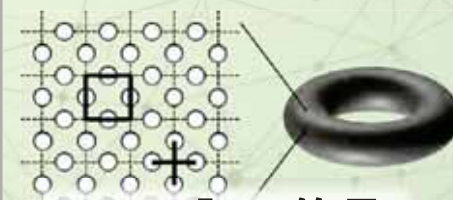
## 量子アルゴリズム



量子化学計算



## 量子エラー訂正



エラー訂正符号

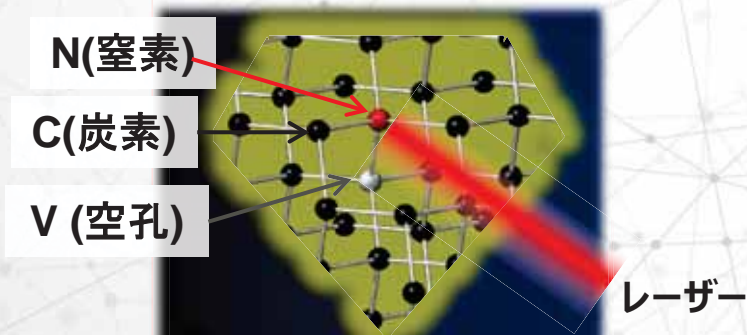
ソフトウェアでは大阪大学と連携

# ハードへの取り組み：ダイヤモンドスピン方式 **FUJITSU**

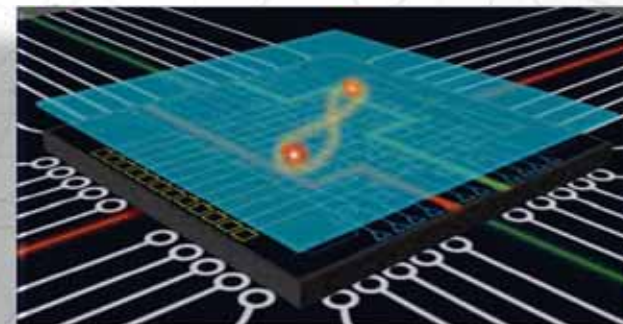
光とスピンを組み合わせて高温(1-10K)動作と大規模化を追求

## デルフト工科大と世界初の試み

- 窒素などの不純物導入によりダイヤモンド中にスピン量子ビット形成
- 大型冷却器が不要で、読み取り・制御回路の集積化により大規模化が容易
- 離れた量子ビット間の演算を光を介して行い、ノイズの影響を受けにくい



ダイヤモンドNVセンター



量子プロセッサのイメージ (図提供：デルフト工科大)

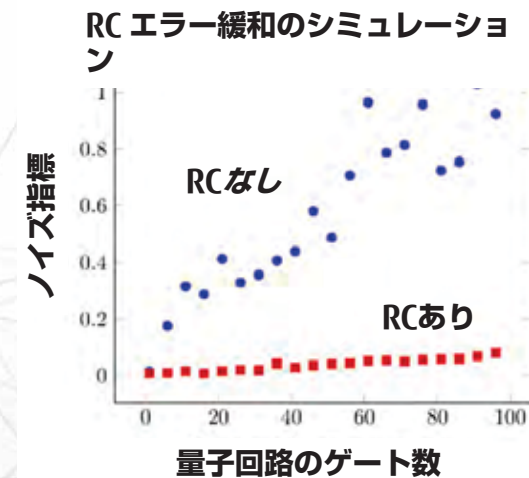
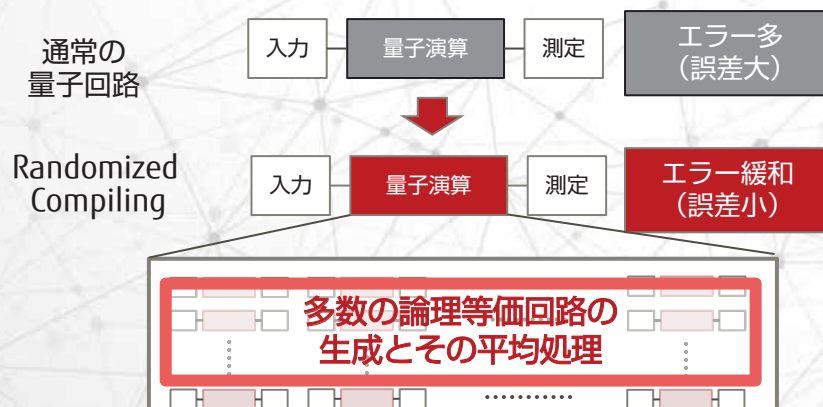
# ソフトウェアへの取り組み

## 量子ビットのエラー対策が重要

- NISQ用のエラー緩和技術「Randomized Compiling」と、それを利用したアルゴリズムに関し、カナダQuantum Benchmark社（現キーサイト・テクノロジー社）と共同研究開始  
（2020年3月プレスリリース）



Emerson教授



Wallman and Emerson,  
Phys. Rev. A 94, 052325 (2016)

Copyright 2021 FUJITSU LIMITED



# ソフトウェアへの取り組み

FUJITSU

## 大阪大に「富士通量子コンピューティング共同研究部門」 を設置 2021/10/1

- 誤り耐性量子計算実現のためのソフトウェアを  
共同で研究開発
  - 数千量子ビット規模の量子コンピュータを想定し、量子誤り訂正を行うアルゴリズムの構築と、そのアルゴリズムを性能評価する技術を研究開発
  - 量子誤り訂正符号によって実現される論理量子ビットを用いた量子計算を行うためのソフトウェアを開発。仮想マシン環境を用いて、これらのソフトウェアの動作検証を実施



藤井教授

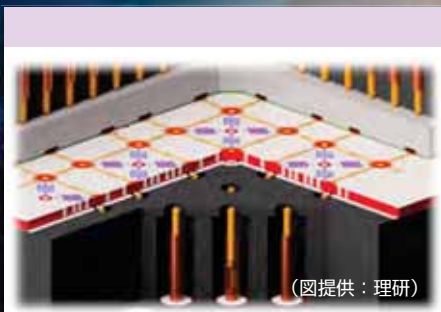


# 従来は不可能だった課題の解決を目指して

量子コンピューティングの実現を目指し、長期的視点で取り組む



各種アルゴリズム,ハードウェア  
各種要素技術開発



数千ビット級・限定用途向け  
NISQコンピュータ



誤り耐性量子コンピュータ

2020年

「量子超越性」

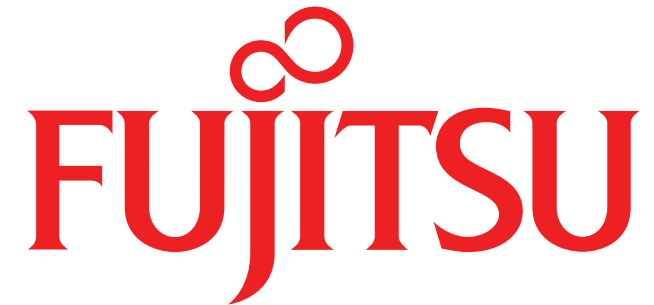
2030年

2040年

# 戦略見直しに向けて



- 量子技術の研究は、国内外で非常に急激に進んでおり、大きな投資も行われている。ブレークスルーが何時起きても不思議ではない環境であり、国の戦略や計画は、変化に柔軟に対応できる仕組みが必要と考えます。
- 一方、量子技術のニュースも百花繚乱となり、話題性のみが独り歩きしている場合もある。驚くようなブレークスルーの可能性もあり、必ずしも現在の優劣が将来の優劣とはならないとも言える。海外の動向把握と冷静な分析を強化するとともに、国として長期的に取り組むべき戦略を明確にし、国として腰を据えて取り組むことが重要と思います。
- 要求される技術の知識、スキルを持った人材の確保は困難な状況。大学を中心とした人材育成の取り組みの強化を期待。また「リスキリング」の観点から社会人への技術教育を促進するための環境整備や国の支援を大いに期待します（例：大阪大学の量子拠点での取り組み）。
- 今の技術の延長で100万ビット級の(超伝導)量子コンピュータを作るには、莫大な費用が必要で、技術的ブレークスルーは必須。現状技術では1000-10000ビット程度であっても、一企業が開発費を負担するのは容易ではない状況。日本発の技術とするには国の支援が必要と思います。



shaping tomorrow with you