

第36回OISA技術交流会
技術研究会『量子コンピューティングチーム』

量子コンピュータで観光ルート最適化を探る

2024年12月4日(水)

メンバー

(公財)ハイパーネットワーク社会研究所 平野 敬洋

モバイルクリエイト(株) 技術部開発室 佐保 航輝

(株)オーイーシー DX推進部 DXクリエイト第2Gr 清末 俊紀

(公財)ハイパーネットワーク社会研究所 佐藤 光司

(公財)ハイパーネットワーク社会研究所 有廣 美優

アドバイザー

大分大学工学部理工学科知能情報システムプログラム 賀川 経夫

ルーラルウェイ合同会社 清水 太

(株)elseif 営業部 藏田 和美

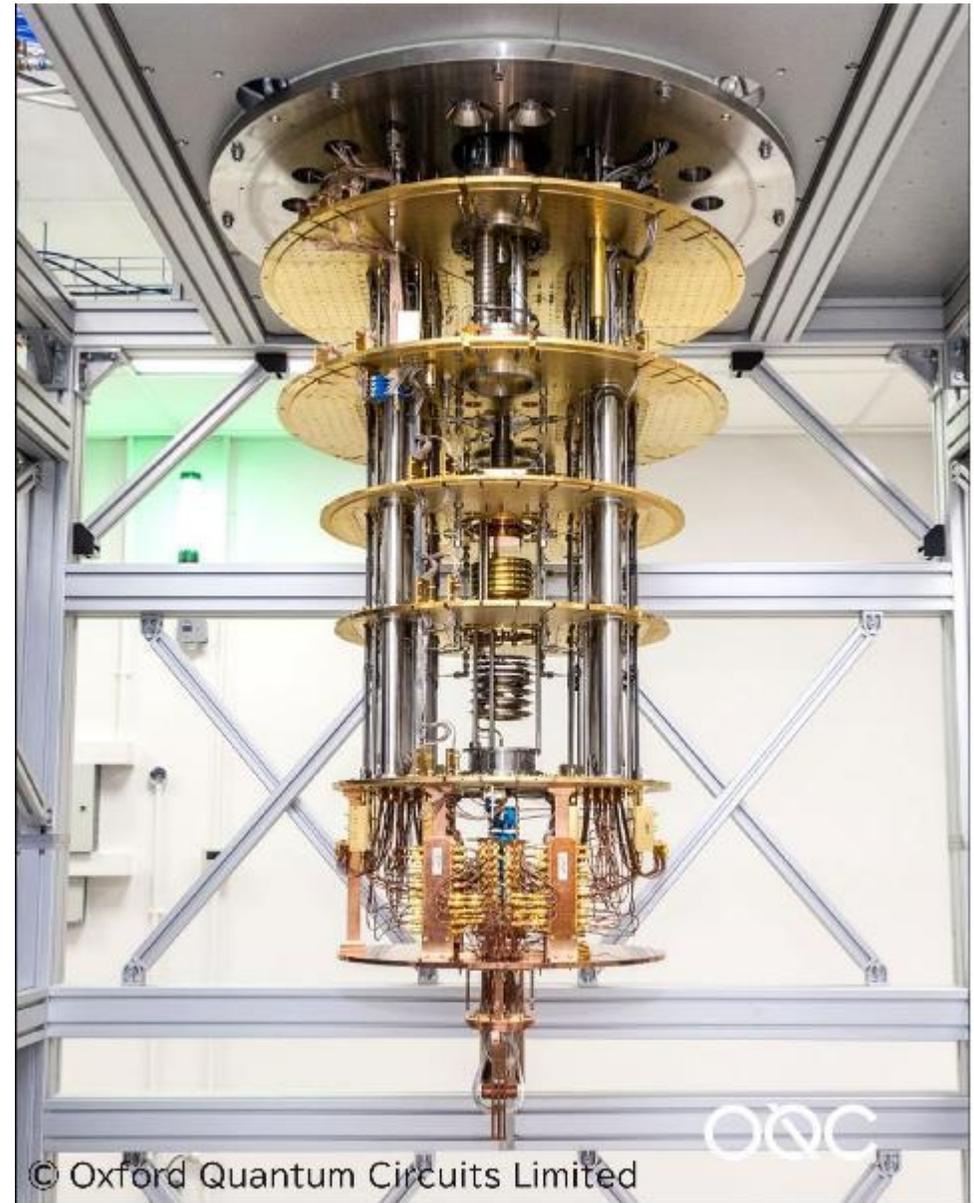
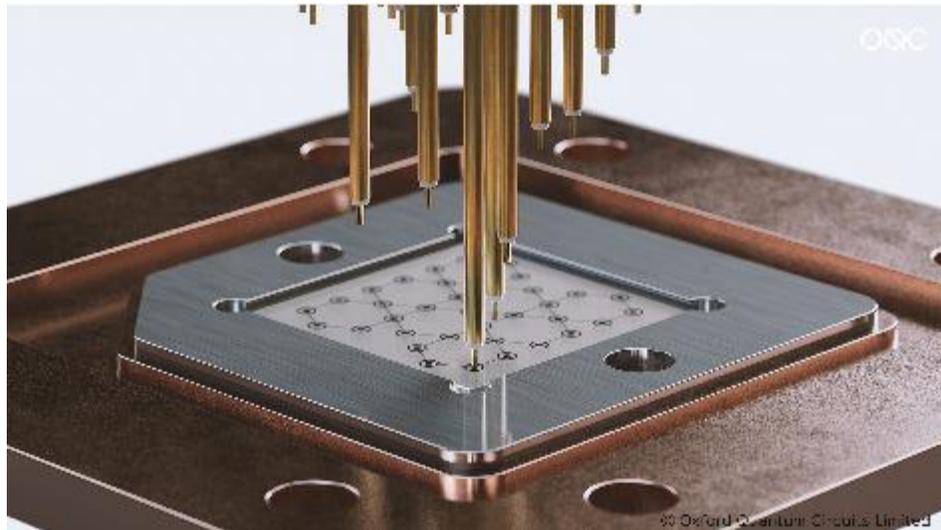
アジェンダ

1. 量子コンピュータについて
2. 量子コンピュータで観光ルート最適化を探る
3. 今後について

1. 量子コンピュータについて

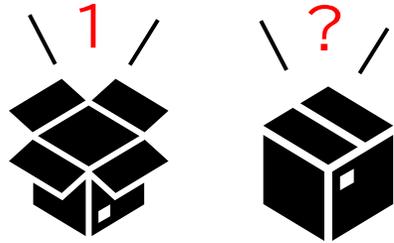
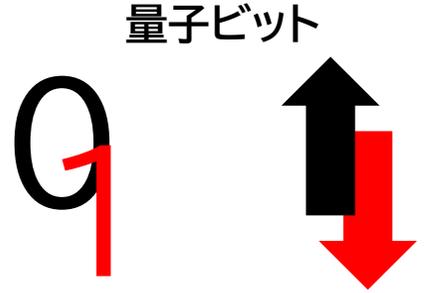
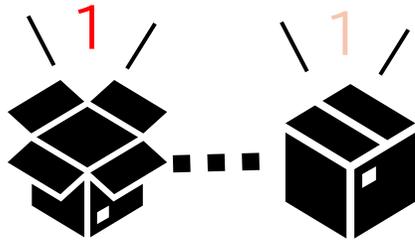
量子コンピュータとは

量子力学の現象を利用して並列計算を実現するコンピュータのこと。**原理的には、現在のコンピュータが有限時間で解けない計算を行うことができ、世界の名だたる企業が実現にむけ、開発を行っている。**将来的には、量子化学シミュレーションによる新薬の開発や交通渋滞の緩和、天気予報の精度の向上などの活用が期待される。



量子コンピュータとは

- 事実上、有限時間では解くことができない計算(=計算爆発)を解くことができる※
- 出現確率が高いものを回答として採用する(=厳密解ではない)

	演算の単位	情報の相互作用	計算時の特徴
古典コンピュータ	<p>ビット</p>  <p>0か1かのいずれかの状態</p>	 <p>ビットの状態はそれぞれ独立</p>	<p>入力数が増すと、計算コストが飛躍的に増大</p>
量子コンピュータ	<p>量子ビット</p>  <p>0と1を重ね合わせて同時に表す</p>	 <p>どちらか一方の量子ビットの値が決まると他の量子ビットの値も決まる(量子もつれ)</p>	<ul style="list-style-type: none">• 解は確率的に求まる(複数回計算が必要)• 重ね合わせと量子もつれの組み合わせで計算回数を減らし、高速処理を実現

※2019年、Googleがスーパーコンピュータでは1万年かかる計算をGoogleの量子コンピュータでは200秒で済むことを実証した論文を発表。量子コンピュータが従来のコンピュータの計算速度を超える「量子超越」と呼ばれる。

量子コンピュータとは

- 量子マイクロチップ自体は小さいが、ほぼ絶対零度(−273度)の保持やマイクロ波の照射などから、**大規模な設備が必要**
- 利用する際は**クラウドを通じて計算**を行う
- **消費電力が少ない**※1
- 国内市場規模は、2020年度 約62億円 → **2030年度 約3,000億円 と予測** ※2



IBM Quantum System One(日本IBM株式会社)



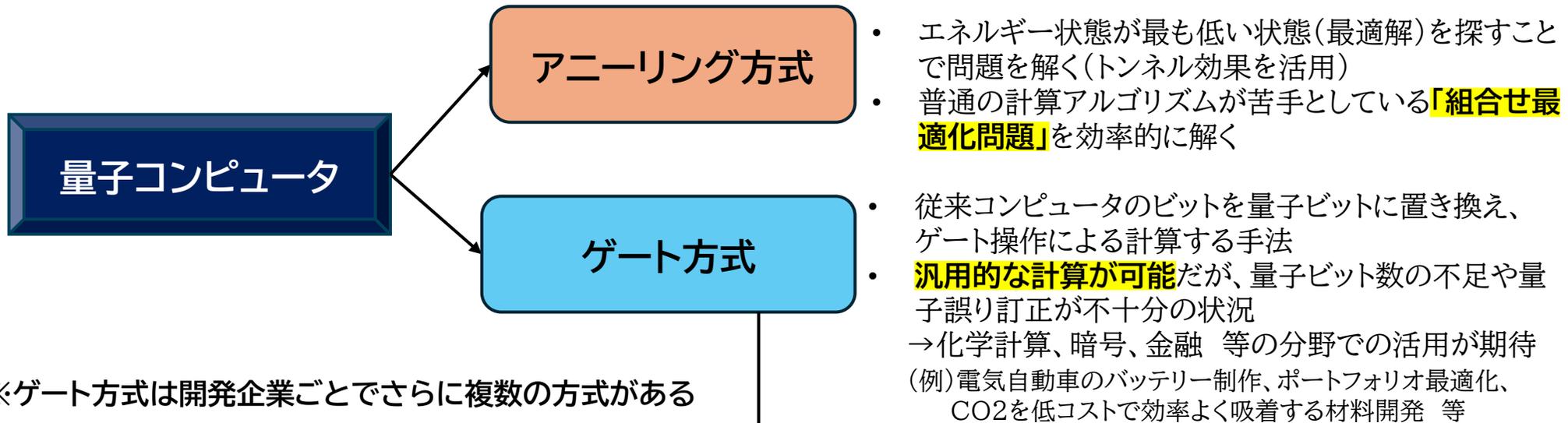
国産量子コンピュータ(理化学研究所)

※1 D-Waveの量子コンピュータが一度の計算自体に使う消費電力は、冷却装置も含めて25kW以下といわれている

※2 株式会社矢野経済研究所「量子コンピュータ市場に関する調査を実施(2021年)」https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/2803

量子コンピュータとは

- アニーリング方式は実用化がされつつあるが、ゲート式はまだ研究・開発の途上



※ゲート方式は開発企業ごとでさらに複数の方式がある

アニーリング方式

D-Wave Systems(カナダ)
NEC(日本)

ゲート方式

超電導

Google(米)、IBM(米)、
理化学研究所(日本)

イオントラップ

IonQ(米)

冷却原子

AtomComputing(米)
QuEraComputing(米)、Pasqal(仏)

光

PsiQuantum(米)、Xanadu(カナダ)

・
・
・

量子誤り耐性あり量子コンピュータ FTQC : Fault Tolerant Quantum Computer

誤り訂正が実現し、理想形とされる量子コンピュータ
➔**まだ実現はできていない**

ノイズあり小中規模量子コンピュータ NISQ : Noisy Intermediate-Scale Quantum

古典コンピュータとの並列使用により、**一定程度、使用が可能**な量子コンピュータ

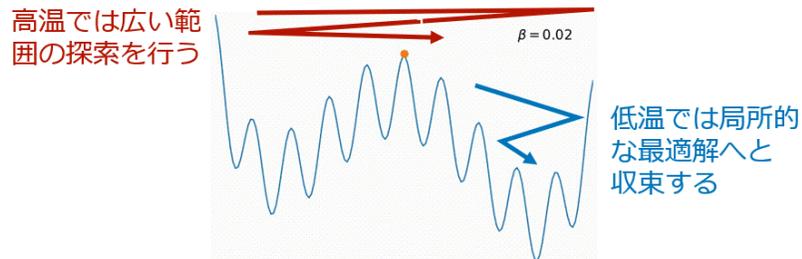
アニーリング方式の仕組み

アニーリングとは「焼き鈍し」という意味で、しっかり加熱して、ゆっくり時間をかけて冷却すること

古典シミュレーテッドアニーリングの原理

シミュレーテッドアニーリング法

系に熱揺らぎを導入することでスピン配位空間の探索を行う手法



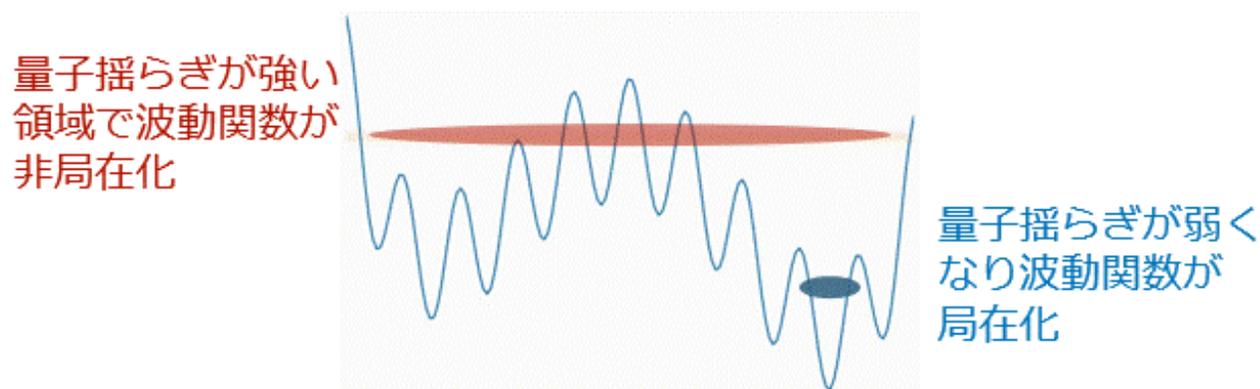
配位空間におけるエネルギー関数の概念図



量子アニーリングの原理

量子アニーリング：系に**量子揺らぎ**を導入することでスピン配位空間の探索を行う手法

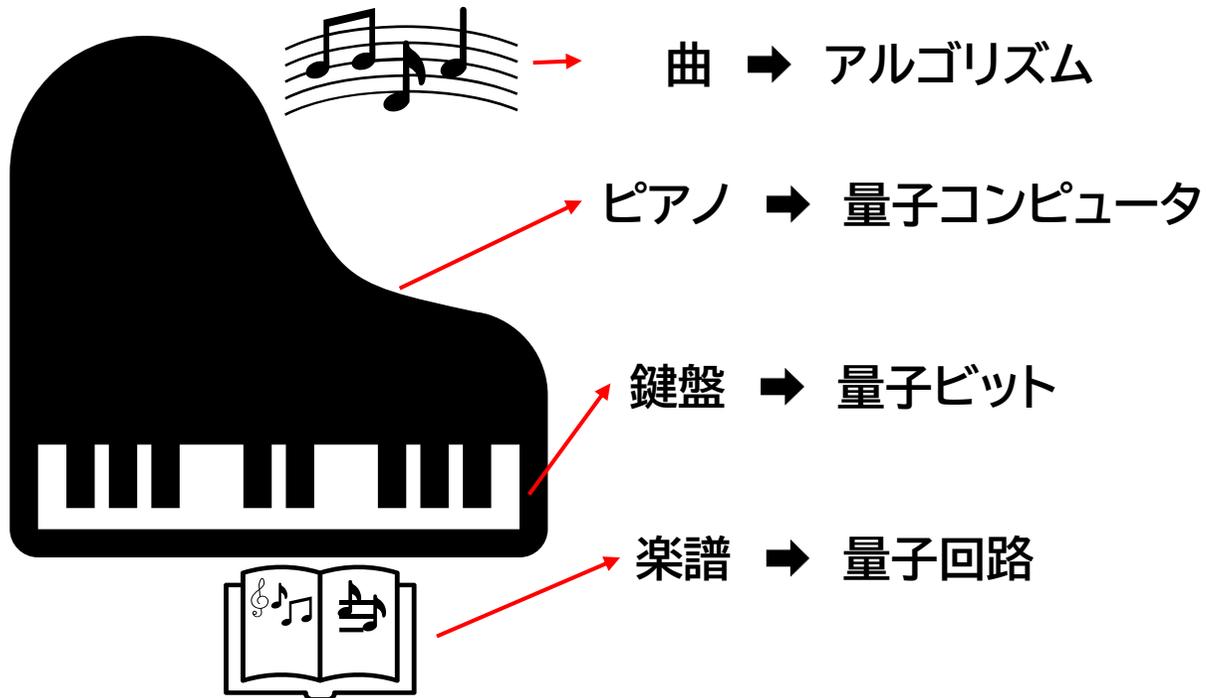
横磁場を用いた量子アニーリング (Kadowaki & Nishimori 1998)



配位空間におけるエネルギー関数の概念図

ゲート式の仕組み

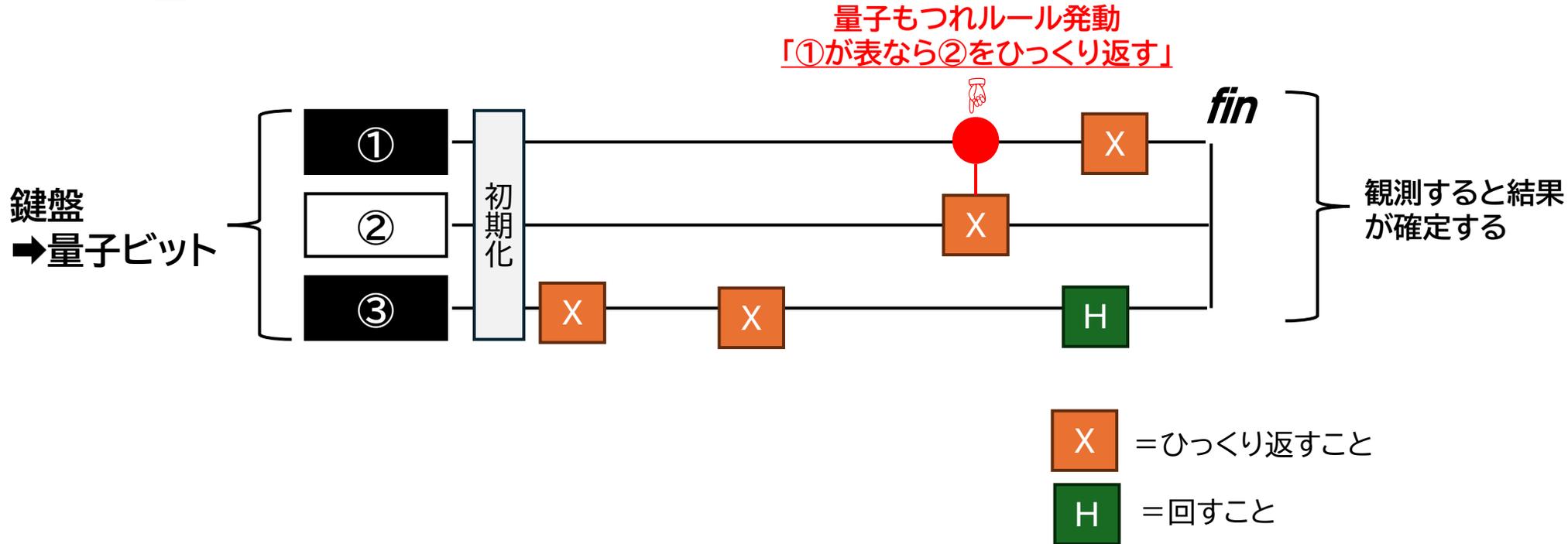
ゲート式は、ピアノに例えると以下のようなになる



(湊雄一郎・酒井麻里子『先読み！量子コンピュータ』(株式会社インプレス、2023)を基に作成)

ゲート式の仕組み

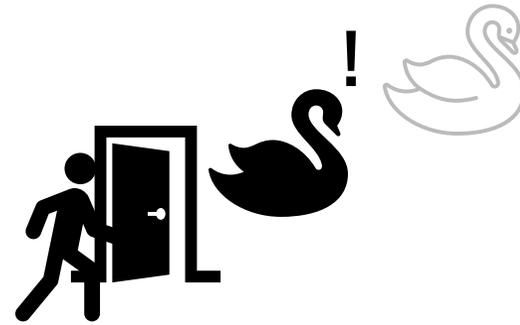
楽譜(=量子回路)のイメージ図は以下のとおり



- 鍵盤を弾くと音が出るが、量子コンピュータの場合、量子ビットにマイクロ波などを照射し、イメージとしては、コインをひっくり返す、もしくは、回すようなことができる
- 「初期化」というのは、すべての量子を0にしてから計算するルールがあり、その操作をいう
- 回っているコインは観測すると結果が確定する(表か裏かは神のみぞ知る)

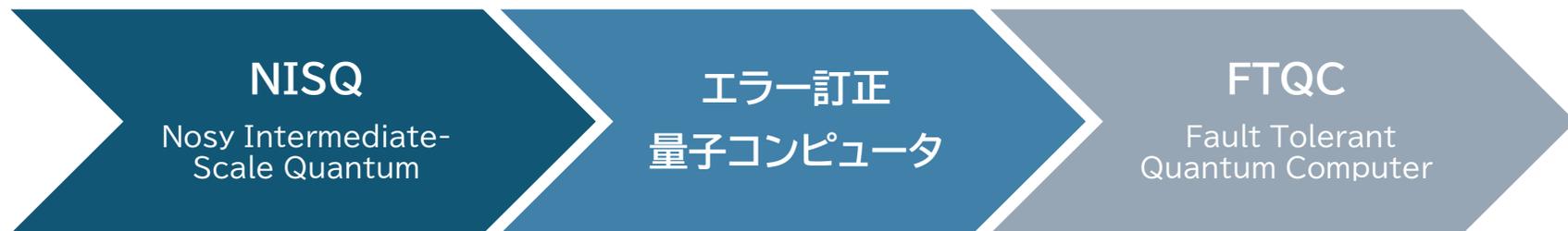
量子コンピュータ開発の難しさ

- 些細なノイズで量子の状態が壊れてしまう
 - ➔量子ビットを増やせば計算能力が高まるが、その分だけノイズが起き、エラーが発生する
- 量子は観測すると決定する
 - ➔「鶴の恩返し」のように、量子を覗くと鶴だと確定



様々な方式でいかに量子状態を保ちつつ、エラー訂正を行っていくかが課題となっている

量子コンピュータ実用化に向けたロードマップ



<p>定義</p>	<p>ノイズがあり、中規模の量子コンピュータ</p>	<p>エラーを低減させるための機能を実装した量子コンピュータ</p>	<p>エラー耐性がある量子コンピュータ</p>
<p>量子ビット数</p>	<p>数十～数百量子ビット</p>	<p>数千～数万量子ビット</p>	<p>100万量子ビット以上</p>
<p>時期 (国の目標※)</p>	<p>▲ 現在</p>	<p>▲ 2030年 一定規模のNISQ量子コンピュータ開発と量子誤り訂正の有効性実証 →2023年12月に、ハーバード大学等が誤り訂正量子アルゴリズムを実現</p>	<p>▲ 2040年 分散処理型NISQ量子コンピュータの実証、量子誤り訂正下での有用タスク計算</p> <p>▲ 2050年 大規模化を達成し、誤り耐性型汎用量子コンピュータの実現</p>

※ムーンショット目標(内閣府): 将来の社会課題を解決するために、人々の幸福で豊かな暮らしの基盤となる3つの領域から、具体的な10個の目標を決定

今後、量子コンピュータの活用が期待される主な産業分野

創薬・バイオ

- 新薬の発見
- ゲノム医療



材料・化学

- 新材料の発見
- 分子科学シミュレーション



金融・最適化

- 交通渋滞の解消
- 金融データのリスク分析



AI、機械学習

- 膨大なデータ学習の効率化
- 複雑なAIの処理の実行



2. 量子コンピュータで観光ルート最適化を探る

巡回セールスマン問題を量子コンピュータで解く

【想定】

大分県を初めて訪れる観光客が、最短ルートで大分県の観光地15か所をめぐるたい。量子アニーリングを用い、その最短ルートを求める。なお、出発点は、大分空港とする

素材となる観光地

- ① 大分空港
- ② ひょうたん温泉
- ③ 湯の坪街道
- ④ 中津城
- ⑤ 熊野磨崖仏
- ⑥ 宇佐神宮
- ⑦ 九重”夢”大吊橋
- ⑧ 原尻の滝
- ⑨ 臼杵石仏
- ⑩ 高崎山自然動物園
- ⑪ 豊後二見ヶ浦
- ⑫ くじゅう花公園
- ⑬ 耶馬溪
- ⑭ 道の駅あさじ
- ⑮ 佐賀関港



→ルートの総数は 87,178,291,200通り

3. 今後について

展望と希望的観測

- 量子コンピュータはまだ赤ちゃんの状態。しかし、**いずれ量子コンピュータの時代が来る。地方においても、その活用は必至**
- **量子人材の育成には、各レイヤーにおいて、量子コンピュータの基本知識から量子アルゴリズムの理解、アプリケーションの開発など時間がかかる**

【ご提案】

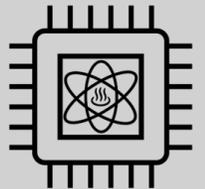
OISAの技術委員会とオオイタ・クオンタム・コミュニティ(量子コンピュータの活用を目指す産学官の研究会)が連携し、量子人材の育成に取り組んでいきたい

OISA 大分県情報サービス産業協会

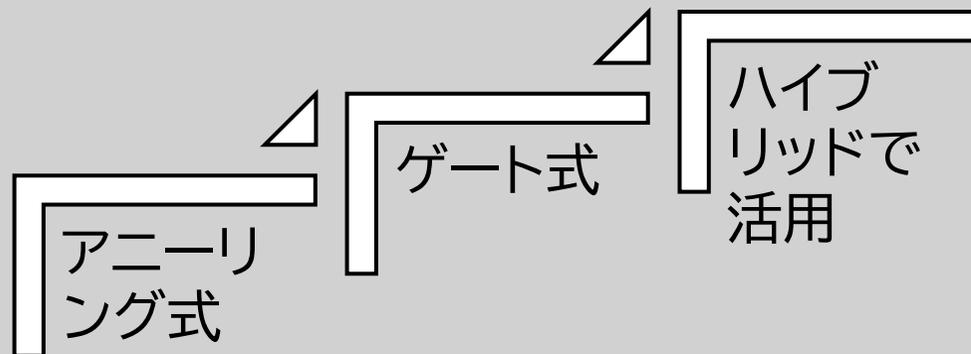
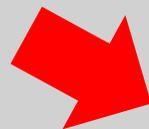


オオイタ・クオンタム・コミュニティ

Oita **Quantum** Community



今はここ



量子コンピュータ先進県により、量子関係ビジネスが集まる大分県へ