

第37回OISA技術交流会『量子コンピューティング部会』

量子コンピュータのゲート方式による
夫婦の家事分担の最適化問題

メンバー

地域クリエイト株式会社	代表取締役	高木 厚次
株式会社オーイーシー	DX推進部	清末 俊紀
大分シーイーシー株式会社	IT サービス部	姫野 祥智
大分シーイーシー株式会社	IT サービス部	上野 宏晃
東芝デジタルエンジニアリング株式会社	ITソリューション事業部	打越 康平
公益財団法人ハイパーネットワーク社会研究所		平野 敬洋
公益財団法人ハイパーネットワーク社会研究所		佐藤 光司
大分大学理工学部		福元 愛叶

委員・アドバイザー

ルーラルウェイ合同会社	清水 太
大分大学 理工学部 理工学科	大知 正直



DEVEL株式会社代表 比嘉 恵一郎

【経歴】

九州大学大学院 数理学府 数理学専攻卒(修士)
九州大学大学院 数理学府 博士課程
九州大学学生賞受賞(2020年度)
次世代研究者挑戦的研究プログラム(JST)採択
GLEAP株式会社代表DEVEL株式会社代表

【専門】

量子アルゴリズム・最適化アルゴリズム

【執筆】

IBMQで量子コンピュータ

【開発実績】

変電所における異常予測システム
物流最適化アプリケーション

目次

- 前回のアニメーリングへの挑戦
- 今回のゲート式への挑戦
- グローバーのアルゴリズム
- 夫婦の家事分担の最適化問題

前回のアニメーリングへの挑戦

前回、アニメーリング方式により、大分県内の観光地を巡る最適化問題に挑戦

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。量子アニメーリングを用い、その最短ルートを求める。なお、出発点は、大分空港とする

次はゲート
だな

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

今回のゲート式への挑戦

学んできたこと

1. 量子コンピュータと古典コンピュータの違いを学ぼう。量子ゲート方式の計算の流れを理解しよう。
2. 量子ビット、量子ゲート、測定について学ぼう。
3. 簡単な例題をもとに量子ゲート方式の計算を試みよう。
4. 簡単な例題をもとに量子ゲート方式の計算を試みよう。(実問題への応用編)
5. Groverのアルゴリズムの概要と使い方を理解しよう。
6. Groverのアルゴリズム使い方をより深く理解しよう。(実問題への応用編)
7. Groverのアルゴリズムの応用例を元に発表内容を考えよう。

今回のゲート式への挑戦

例えば、古典ビットと量子ビットの違い



量子ビット
 $|0\rangle$ と $|1\rangle$

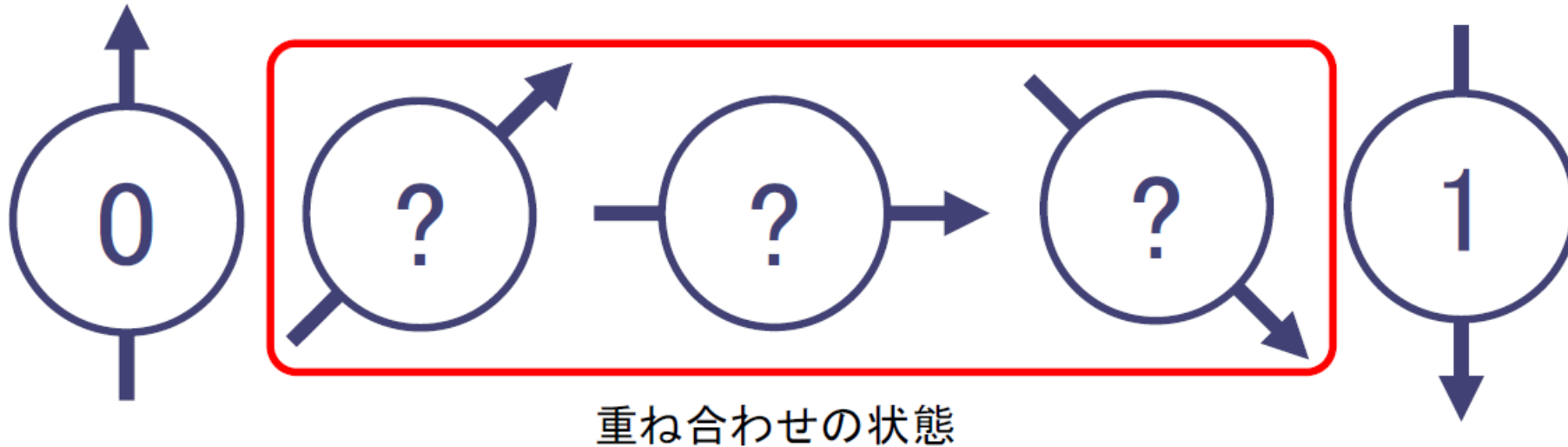


ビット(古典ビット)
“0” と “1”

量子ビットは古典ビットとは異なり $|0\rangle$, $|1\rangle$ 以外にもさまざまな状態をとることができます。

今回のゲート式への挑戦

量子の重ね合わせについて

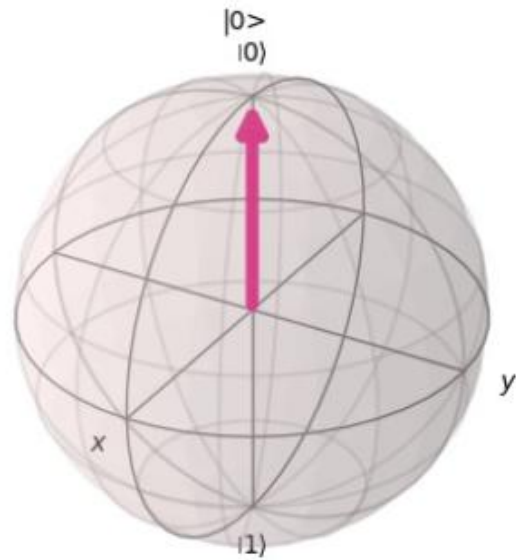


量子ビットは角度を変えることであらゆる状態をとることができますが $|0\rangle$ と $|1\rangle$ 以外の状態を $|?\rangle$ としていました。

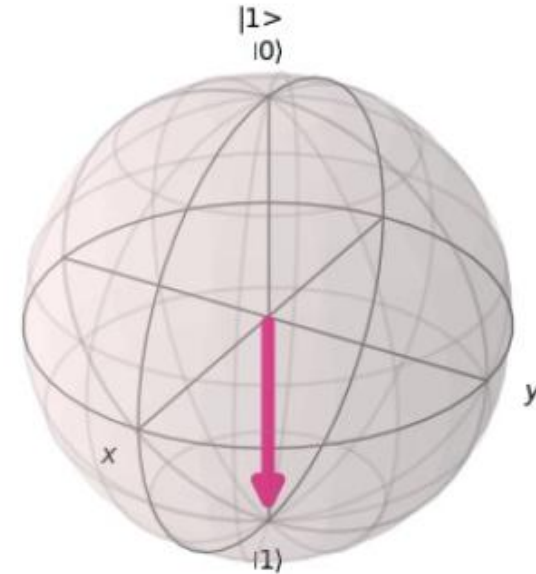
この $|?\rangle$ の状態は $|0\rangle$ と $|1\rangle$ とは異なるものですが、 $|0\rangle$ と $|1\rangle$ の成分を両方とも持っています。このような状態のことを $|0\rangle$ と $|1\rangle$ の重ね合わせの状態 といいます。

今回のゲート式への挑戦

実際にはこう



ブロッホ球



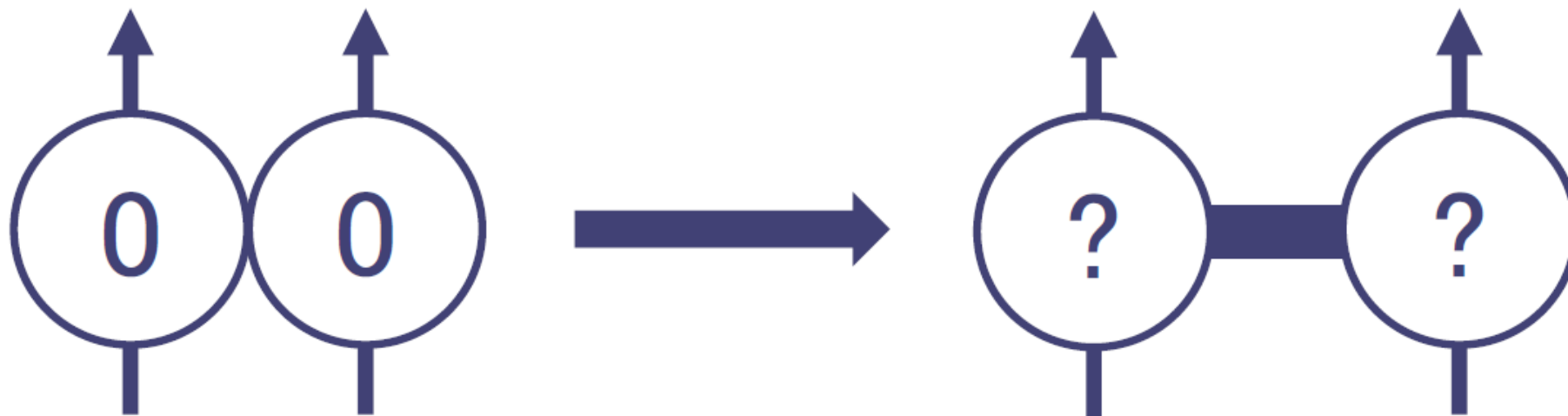
上向きに真っ直ぐの状態 $|0\rangle$

下向きに真っ直ぐの状態 $|1\rangle$

実際の量子ビットは図のように3次元で表現される。
→図の矢印の角度は無数に変えることが可能

今回のゲート式への挑戦

量子もつれについて



量子もつれ状態のイメージ

通常の2つの量子ビットとは異なりそれぞれの量子ビット同士でなんらかの繋がり(相互作用)がある場合があります。

この状態のことを量子もつれの状態といい、非常に重要な性質があります。

今回のゲート式への挑戦

量子ビットゲートの種類の例

量子ビットゲートとは、量子の角度を変える要素のこと。様々な種類がある。

Hゲート

量子ビットを斜め45度の軸を中心に反転させる量子ビットゲートです。

別名をアダマールゲート (Hadamard Gate) と呼びます。

図から分かる通り、量子ビットが真横を向いて重ね合わせの状態になっていることがわかります。

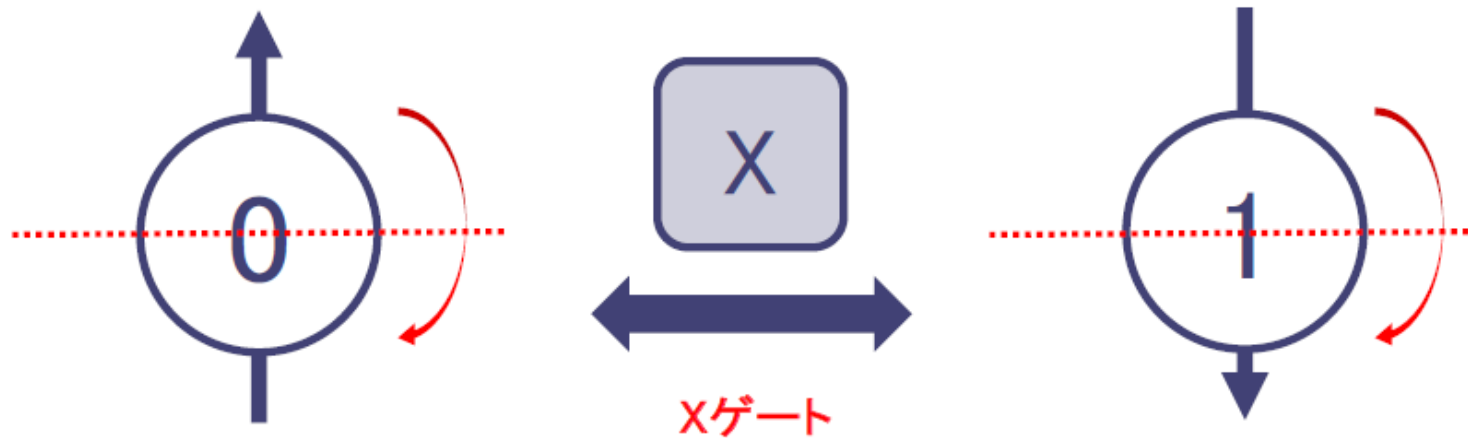


今回のゲート式への挑戦

量子ビットゲートの種類の例

Xゲート

量子ビットを横軸を中心に反転させる量子ビットゲートです。
図から分かる通り、 $|0\rangle$ と $|1\rangle$ を入れ替えることができます。



Xゲートは、オセロのような否定演算(黒を白に、白を黒に)

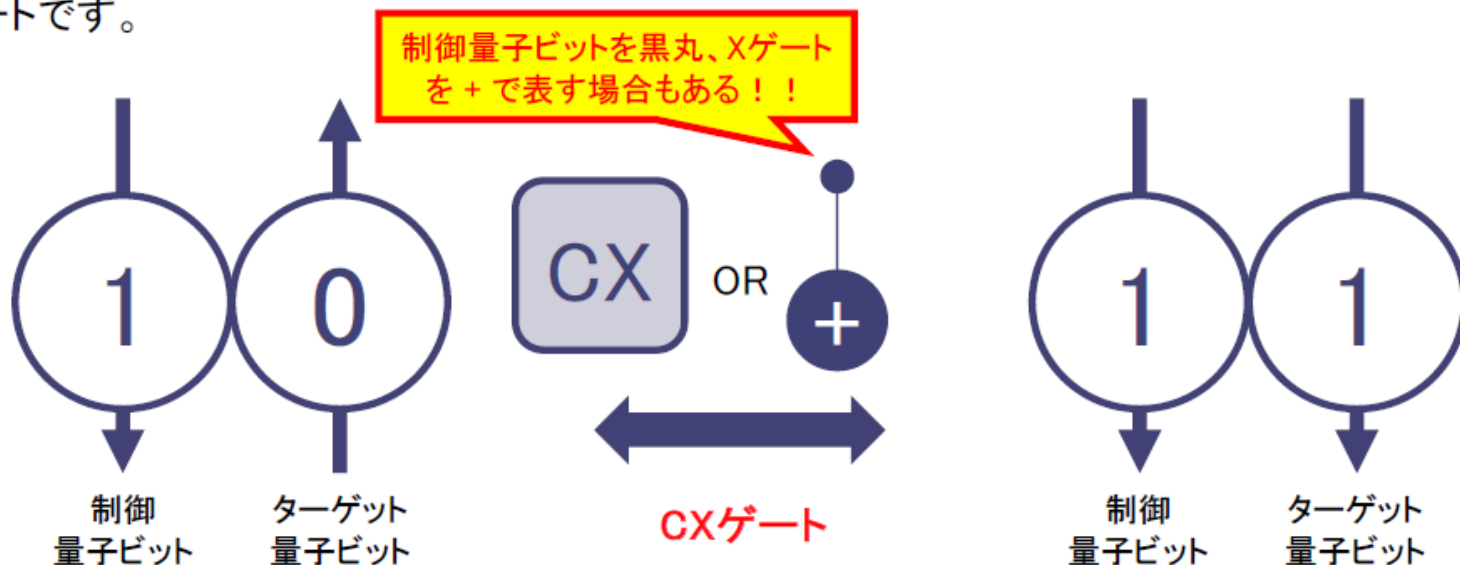
今回のゲート式への挑戦

量子ビットゲートの種類の例

CXゲート

2量子ビット全体に作用させる量子ビットゲートです。

片方の量子ビットが $|1\rangle$ の場合、もう片方の量子ビットにXゲートを作用させる量子ビットゲートです。



CXゲートは二つの量子ビットに対して行う操作になります。

$|1\rangle$ の状態を確認する量子ビットのことを**制御量子ビット**、Xゲートを作用させる量子ビットのことを**ターゲット量子ビット**と言います。

制御量子ビットがある量子ビットゲートのことを**制御量子ビットゲート**と言います。

今回のゲート式への挑戦

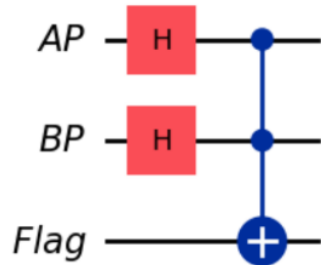
簡単に言うと...

様々な条件を、適切な量子ビットゲートに変換し、観測することで、最適解を得る

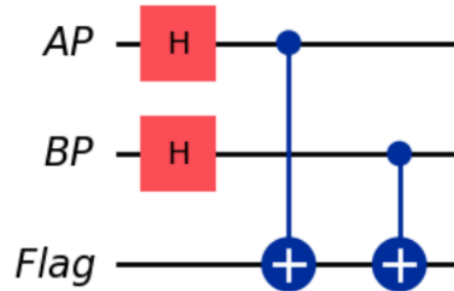
- AパターンとBパターンもある → AパターンとBパターンにCCXゲート
- AパターンとBパターンのどちらか一方のみある → AパターンとBパターンにCXゲート
- AパターンとBパターンの少なくとも一方のみある → AパターンとBパターンに、CX+CCXゲート

例

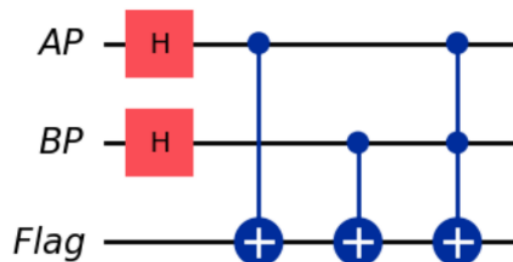
【APとBPはどちらもあり。】



【APとBPのどちらか一方のみあり。】



【APとBPの少なくとも一方のみあり。】



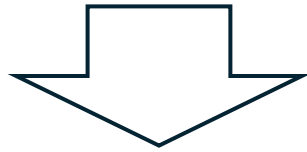
これらのパターンは最低限暗記するべき。

これらのパターンをベースとして、他の条件の構築方法を考えていく。

今回のゲート式への挑戦

目 標

Groverのアルゴリズムを応用して社会課題を考え、実践する



夫婦の家事分担の最適化問題

Groverのアルゴリズム？

Grover のアルゴリズムとは、N個の要素をもつ整理のされていないデータベースの中から、指定された値を検索する探索問題を解くための量子コンピュータのアルゴリズム。

解を求めるにあたっては、

古典コンピュータ:全ての組合せをひとつずつ、条件を判定して答えを見つける

量子コンピュータ:全ての組合せをあらかじめ入力したうえで、最適解であろう組合せの確率を上げていく
→閾値より高い確率の値のみを得る

Grover のアルゴリズムには大きく2つの操作があります。

1. 問題の中にある条件を抽出して、量子回路に実装する(オラクル)
2. 施した条件をもとに、求めたい結果の値が得られる確率を高める。

量子コンピュータのゲート方式による夫婦の家事分担の最適化問題

