

日本語訳『Qiskit Textbook』勉強会

3.11 「Quantum Counting」



Emi Adachi
IT Specialist

Agenda

1. 扱うアルゴリズム一覧と役割
2. グローバーのアルゴリズム
3. 量子位相推定アルゴリズム
4. 量子回路の表し方
5. まとめ
6. 参考文献、引用文献

扱うアルゴリズム

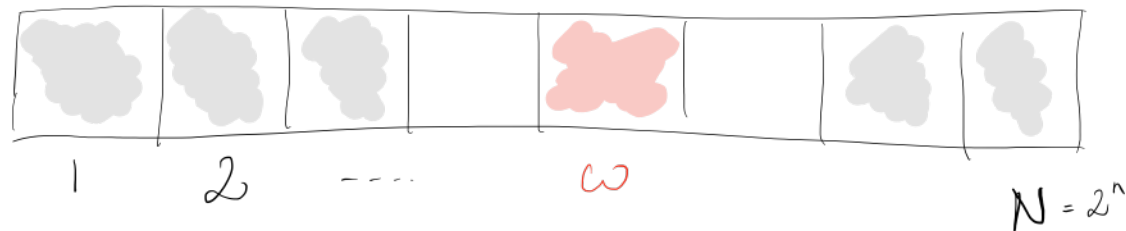
1. 量子探索アルゴリズム：グローバーのアルゴリズム(3.10)
2. 量子位相推定アルゴリズム(3.8)
3. 量子フーリエ変換(3.7)

Quantum countingの役割：

量子位相推定アルゴリズムと量子探索アルゴリズム（グローバーのアルゴリズム）を結びつける

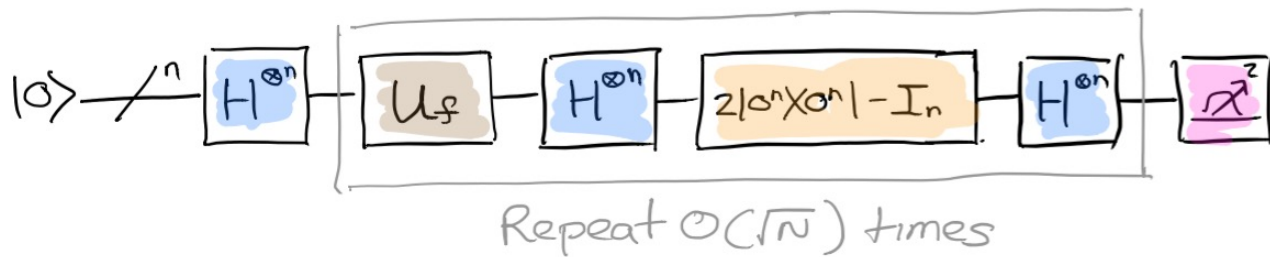
グローバー探索アルゴリズム

整列化されていないN個のデータベースから特定のデータ (ω) を探索するための量子アルゴリズム



グローバーのアルゴリズムは、ソートされていない N 個のデータに対して、 $O(\sqrt{N})$ 回のクエリ（オラクルを呼ぶこと）で解を見出せる。

グローバーのアルゴリズムの手順と量子回路



Step1 : 全ての状態の重ね合わせ状態を用意する。

$$|s\rangle = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_x |x\rangle$$

Step2 : U_ω (解に対する反転操作) を作用させる。

Step3 : $|s\rangle$ を対象軸にした反転操作 U_s を作用させる。

Step4 : Step2,3をk回繰り返す。

Step5 : 測定を行う。

初期状態： $|\omega\rangle = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_x |x\rangle$

グローバーオラクルを考える。

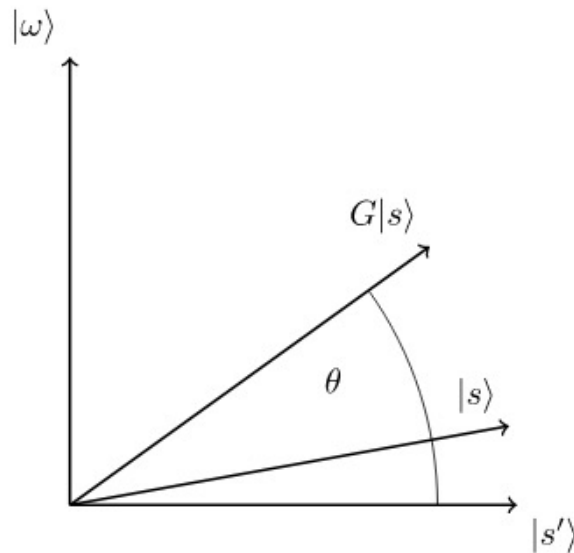
2種類のユニタリー演算子を考える。

- $U_f = -\sum_x (-1)^{f(x)} |x\rangle\langle x| = I - 2|u\rangle\langle u|$
- $W = I - 2|\omega\rangle\langle\omega|$

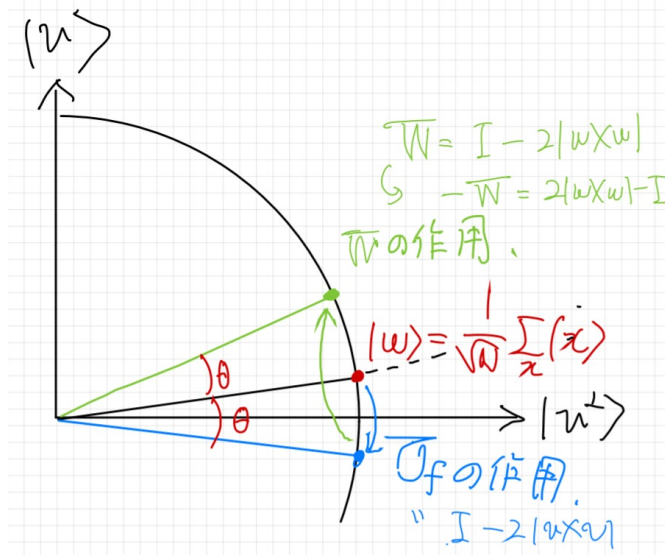
$|\omega\rangle = \sqrt{p}|u\rangle + \sqrt{1-p}|\omega^\perp\rangle$ とする。

これを計算すると、行列Gがでてくる。(次ページ)

$$G = \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}^M$$



$$\text{行列 } G = \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}^M$$



出典：大阪大学藤井研究室「量子コンピューティング資料」
量子コンピューティング2020春・秋学期 大学院授業 第8回

<https://quantphys.org/wp/qinfp/%E9%87%8F%E5%AD%90%E3%82%B3%E3%83%B3%E3%83%94%E3%83%A5%E3%83%BC%E3%83%86%E3%82%A3%E3%83%B3%E3%82%B0-%E6%9C%88-%E5%A4%A7%E5%AD%A6%E9%99%A2%E6%8E%88%E6%A5%AD/>

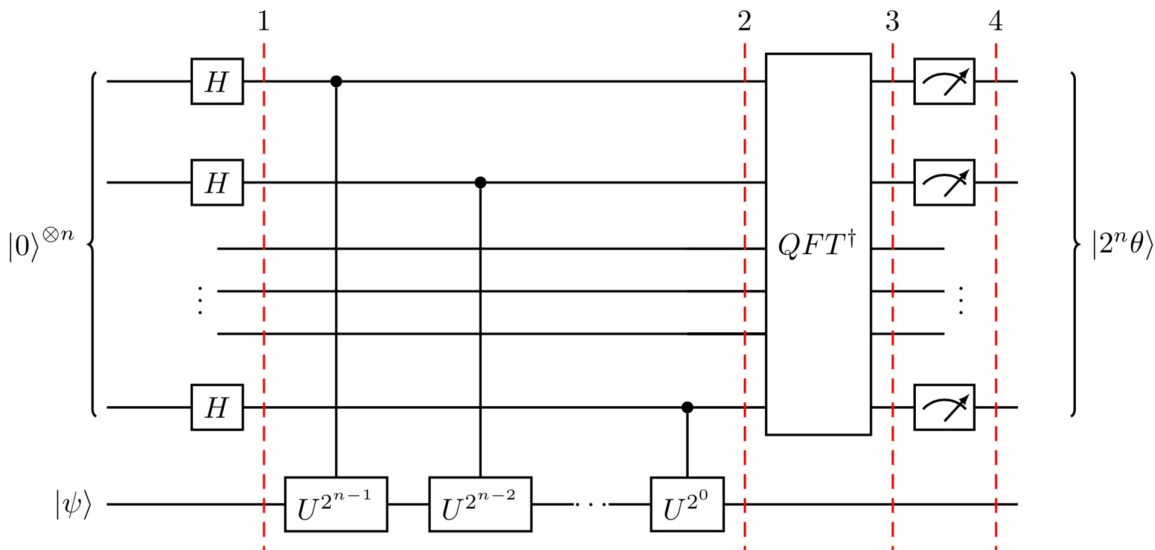
量子位相推定アルゴリズム：オラクルを求めるための解の数がわかる

Quantum Tokyo

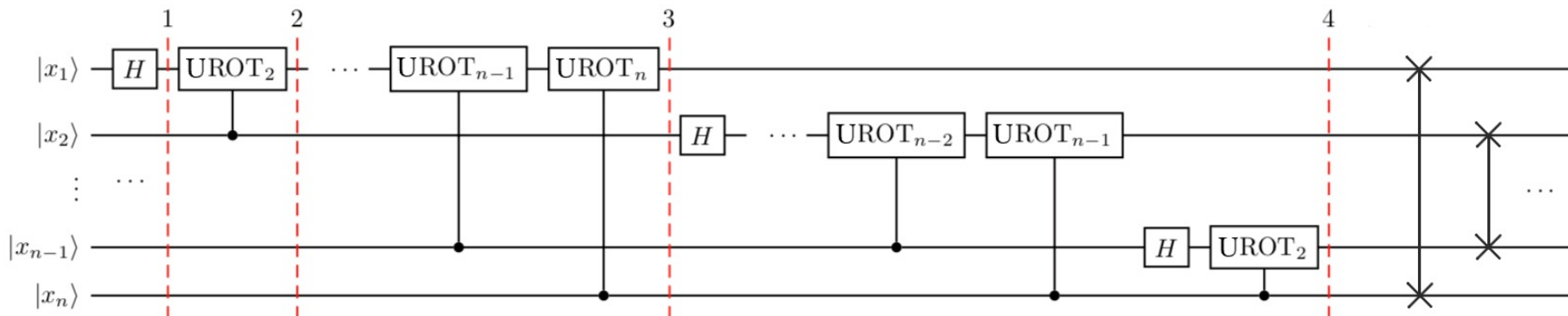
ユニタリ行列の固有値を求める
量子アルゴリズム

アダマールテストを少し変形すること
で、固有値の位相を1桁ずつ
(確定した)量子ビットの状態として
取り出すことができる。

量子ビットを拡張し、量子フーリエ
変換を組み合わせた結果、量子回路
でいっぺんに固有値の位相を知るア
ルゴリズム

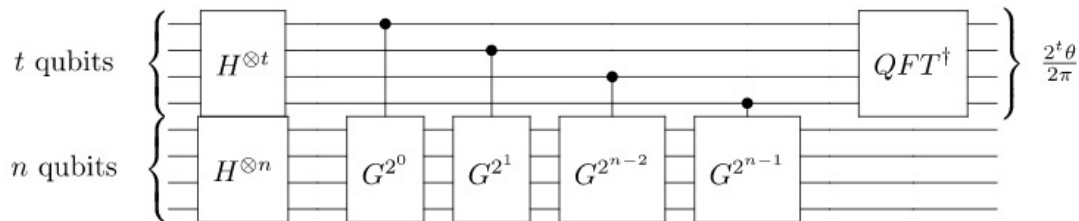


量子フーリエ変換(抜粋)



- 離散フーリエ変換を量子回路で実装
- 計算量 (サンプル数 $N = 2^n$)
 - FFT : $O(n2^n)$
 - QFT : $O(n^2)$

量子数え上げアルゴリズムの量子回路



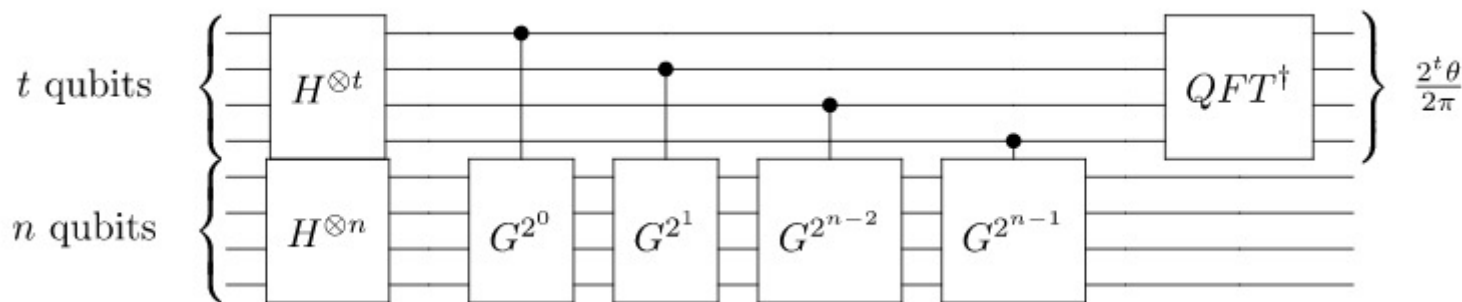
量子数え上げの量子回路

1. H :アダマールゲート
2. G :グローバーの探索アルゴリズム
3. QFT^\dagger :量子フーリエ逆変換

まとめ

グローバーのアルゴリズムがオラクルの解を見つけようとする

Quantum countingではグローバーのアルゴリズム、量子位相推定アルゴリズム、量子フーリエ逆変換を用いて、オラクルの答えの個数がわかる



参考文献、引用文献

Qiskit-textbook: <https://qiskit.org/textbook/ch-algorithms/quantum-counting.html>

大阪大学藤井研究室「量子コンピューティング資料」：

<https://quantphys.org/wp/qinfp/%E9%87%8F%E5%AD%90%E3%82%B3%E3%83%B3%E3%83%94%E3%83%A5%E3%83%BC%E3%83%86%E3%82%A3%E3%83%B3%E3%82%B0-%E6%9C%882-%E5%A4%A7%E5%AD%A6%E9%99%A2%E6%8E%88%E6%A5%AD/>

Thank you

Emi Adachi

© Copyright IBM Corporation 2020. All rights reserved. The information contained in these materials is provided for informational purposes only, and is provided AS IS without warranty of any kind, express or implied. Any statement of direction represents IBM's current intent, is subject to change or withdrawal, and represent only goals and objectives. IBM, the IBM logo, and ibm.com are trademarks of IBM Corp., registered in many jurisdictions worldwide. Other product and service names might be trademarks of IBM or other companies. A current list of IBM trademarks is available at [Copyright and trademark information](#).