

# 量子回路設計に向けた量子部分観測マルコフ決定過程(Q-POMDP)手法の開発 — 部分観測強化学習を活用した量子回路設計 —

木村友彰

## 背景と目的

量子系に強化学習を適用する場合、測定を通して得られる情報は部分的な情報のみであることから、部分観測問題として考えなければいけない。実際、量子における部分観測を扱う手法として、量子観測マルコフ決定過程(QOMDP)が提案されているが、具体的なアプリケーションは提案されていない。本プロジェクトでは、量子観測マルコフ決定過程(QOMDP)におけるプランニングアルゴリズムを提案し、提案したアルゴリズムを用いて量子回路設計問題を解くことを考える。

## 開発内容

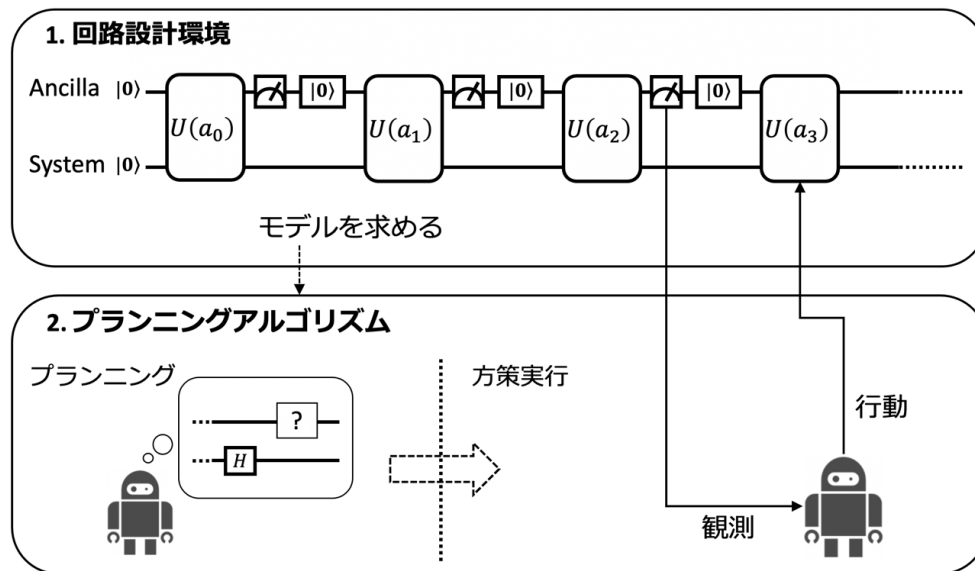
右図が全体像になっており、以下二つからなる。

### 1. 回路設計を行う環境

システムは測定せず、アンシラのための測定からシステムの状態を推論していくという部分観測の問題となっている。エージェントが実行する行動が回路にかけられるゲートである。

### 2. 回路設計問題を解くプランニングアルゴリズム

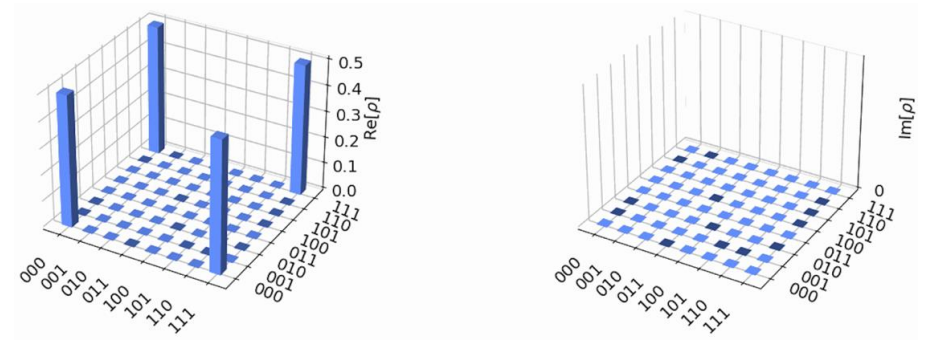
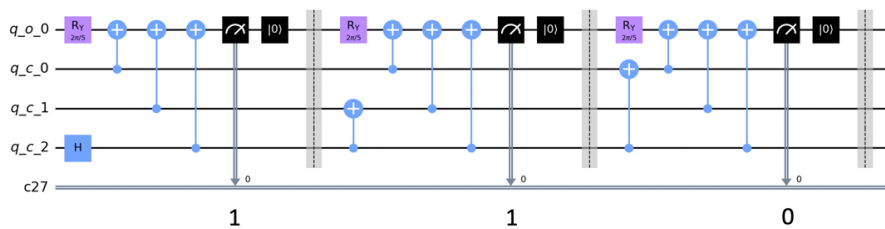
環境のモデルを用いてプランニングを行い、方策を求める。プランニングアルゴリズムに関しては、状態空間の近似に基づく近似的な方法を開発した。プランニングが完了したら、求めた方策を用いて行動を実行することと、得られる観測から状態を推論することを繰り返しながら回路を設計する。



# ベンチマークテスト結果

## 1. 状態生成

提案手法を用いて、3量子ビットのGHZ状態生成実験を行なった。提案手法により生成された回路を下図、得られた状態を右図に示した。右図を見ると、GHZ状態を生成できていることが確認できる。



## 2. 基底状態探索

提案手法を用いて、水素化ヘリウムイオンの基底状態探索を行なった。右図に、様々な結合長に対して、提案手法が求めたエネルギー期待値の平均と最小値をプロットした。提案手法により求めたエネルギー期待値の最小値が、厳密な最小エネルギーとほとんど同じになっており、基底状態に近い状態を生成できていることがわかる。

