

ゲート式量子コンピュータと 機械学習による高速モンテカルロ計算

— 量子コンピュータの乱数生成への応用 — 遠藤克浩(慶應), 中村太一(慶應)

背景

高齢者医療, 自然災害対策は近年深刻な問題に

解決手段
創薬, 災害シミュレーション, 新規材料開発

モンテカルロシミュレーション

高速な乱数生成

しかし従来のコンピュータは乱数生成が苦手...

一方で...

量子コンピュータの計算は常に乱数を扱う計算

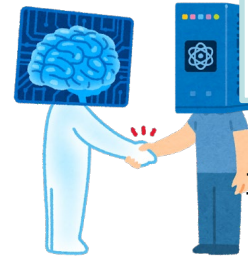
乱数生成 × 量子コンピュータ = 高速乱数生成



目的

量子コンピュータと機械学習の力で
高速に任意の乱数を生成する

機械学習の力で量子コンピュータを制御し
量子コンピュータに所望の乱数を生成させる



量子フーリエサンプリング



$|\phi\rangle$: Mビットの非負量子ビット
 $|x\rangle$: Nビットの観測される量子ビット

複雑な確率分布



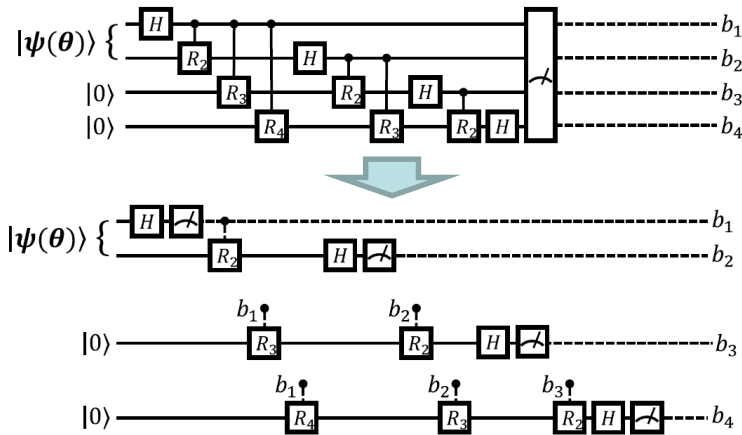
状態 x

量子フーリエサンプリングは観測(サンプル)する対象となる量子ビット $|x\rangle$ を量子フーリエ変換によって作る。

ゲート式量子コンピュータと 機械学習による高速モンテカルロ計算

— 量子コンピュータの乱数生成への応用 — 遠藤克浩(慶應), 中村太一(慶應)

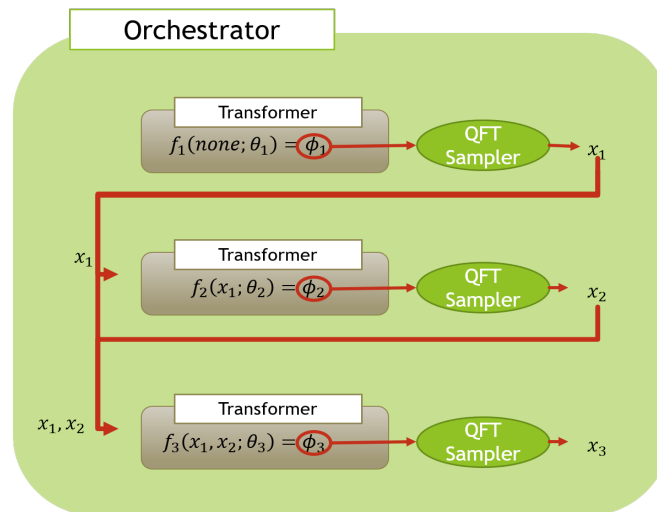
適応的観測による高速シミュレーション



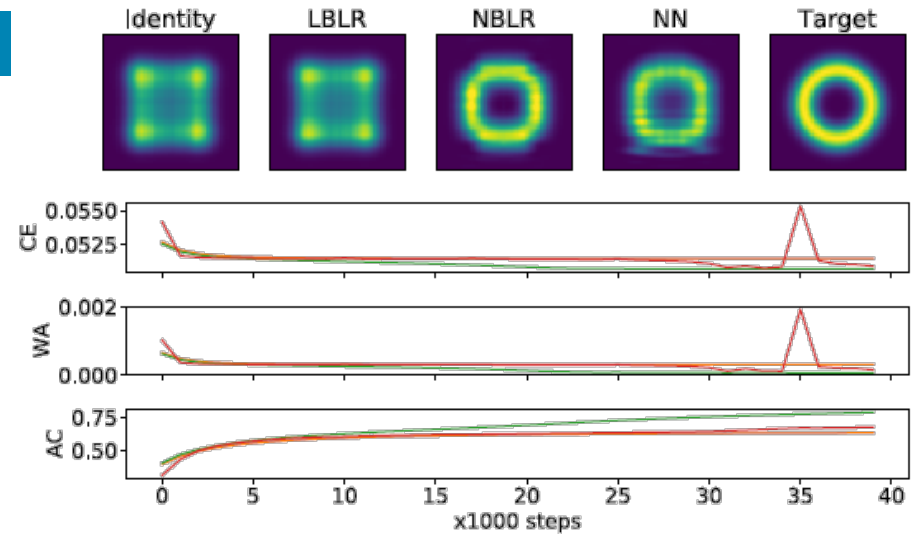
適応的観測を使いシミュレーションの計算時間を $o(2^N)$ から $o(N - M + 2^M)$ にする. 量子フーリエサンプラを高速にシミュレーション可能にした

多段サンプリング

量子フーリエサンプラを数珠つなぎにすることで多次元の確率分布から乱数生成する. Transformerはそれ以前の次元のサンプル値から $|\phi_i\rangle$ を出力



性能



Transformer

- Identity : 入力に関係ない定数を出力する関数
- LBLR : 入力に対して線形な関数
- NBLR : 入力の非線形基底に線形な関数
- NN : ニューラルネットワークによる関数
- Target : 目標分布の形状

2次元の目標分布に対してTransformerを変えて実験. 結果, 一様分布でサンプルする場合に比べて**2.5倍以上**効率よく目標分布から乱数を生成することができた.