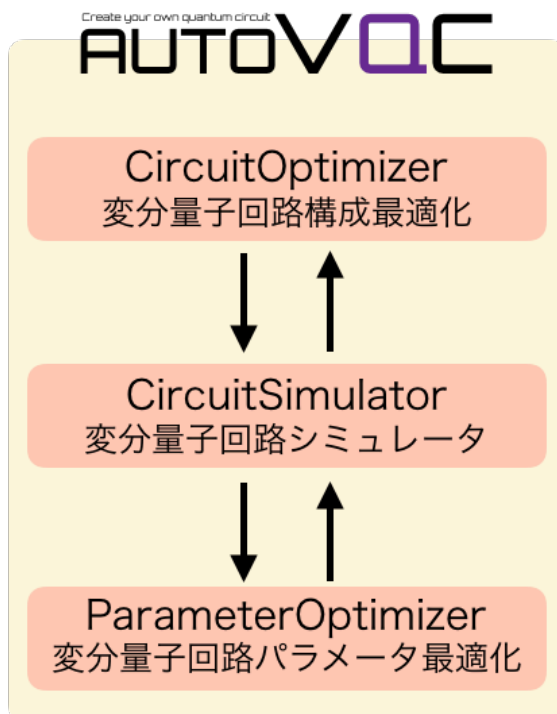


変分量子回路の高速自動最適化ツールの開発 — 変分量子アルゴリズムの社会実装に向けて —

中西 健 (東京大学)

現在実現されているノイズの大きいゲート式量子コンピュータ上でも動作するような量子アルゴリズムが近年多数考案されている。これらの多くは、変分量子回路を用意してそのパラメータを最適化することで解を求める変分量子アルゴリズムである。本プロジェクトでは、変分量子回路の高速なパラメータ最適化手法を発明し、変分量子アルゴリズムを古典コンピュータで高速にシミュレートする量子回路シミュレータを開発し、それらを元に変分量子回路高速自動最適化ツール「AutoVQC」を作成した。



- ① ハミルトニアン
- ② 隣接する量子ビットペアのリスト
- ③ 2量子ビットゲート数
または量子回路の深さ

- ① ハミルトニアンの基底エネルギー
- ② 最適化された変分量子回路の構成
- ③ 最適な変分量子回路パラメータ

```
circ_opt = CircuitOptimizer(  
    # 入力① ハミルトニアン(辞書型)  
    hamiltonian={'XIXI':0.1,'XIZZ':0.3, ...},  
    # 入力② 隣接する量子ビットのペアのリスト  
    connections=[(0,1),(1,3),(2,3), ...],  
    # 入力③ 量子回路の深さ  
    n_depth=5  
)  
for i in range(10):  
    circ_opt.update() # 変分量子回路の構成を更新  
  
res = circ_opt.get_result() # 結果を出力(辞書型)  
  
# 出力① ハミルトニアンの基底エネルギー  
res['loss'] #=> -0.869...  
# 出力② 最適化された変分量子回路の構成  
res['targets_list'] #=> [(0,1),(2,3), ...],  
# 出力③ 最適化された変分量子回路パラメータ  
res['params']: #=> [6.12,3.22, ...]
```

① 変分量子回路パラメータ最適化

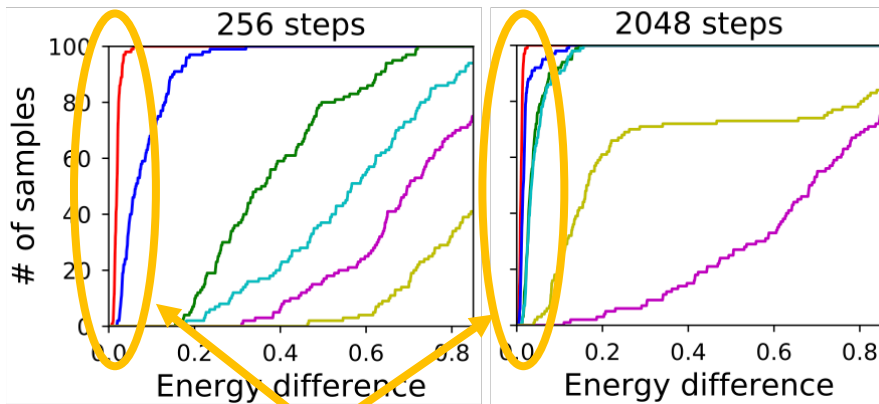
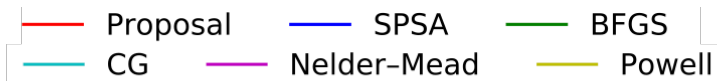
考案した変分量子回路専用パラメータ最適化アルゴリズム

- ・ 収束が速い
- ・ 統計誤差に強い
- ・ 調整しないといけないハイパーパラメータがない

量子変分アルゴリズムの実問題応用を加速

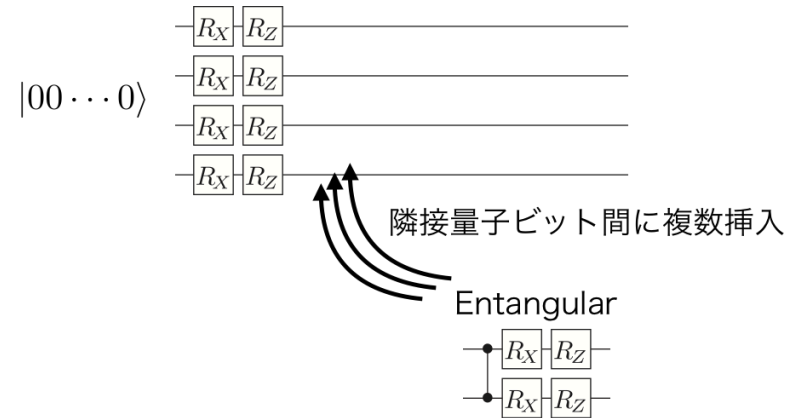
数値実験例

LiH分子, 統計誤差含む (期待値を1024積算の平均値で近似)



既存手法に比べ圧倒的に収束性能が良い

② 変分量子回路構成最適化



Entangularの並べ替え問題に帰着

③ 変分量子回路シミュレータ

変分量子アルゴリズムを高速でシミュレートできる量子回路シミュレータを開発

性能比較 (VQE, LiH分子, 1000試行)

	1CPU	1GPU(+1CPU)
QuPy	約4時間	約40時間
新パッケージ	約4分	1分未満

約250倍の高速化!

量子変分アルゴリズムのシミュレーションが容易に