

パネルディスカッション  
「FTQCアーキテクチャ研究をはじめよう！」

# HPC研究の観点から

**片桐 孝洋**

情報処理学会 HPC研究会 主査  
名古屋大学 情報基盤センター

第1回FTQCアーキテクチャ研究会（キックオフ）  
2024年11月25日(月) 12:30～17:00 サンポートホール高松  
15:50～16:45 FTQCアーキテクチャ研究をはじめよう！（仮）  
モデレータ：天野英晴（東京大学）

# 量子コンピューティング への期待

# HPC-Centric Quantum Computingの実現

- 量子・古典計算環境が簡単に使える計算機環境実現  
(昔のグリッドコンピューティングのようなもの)

Source: T. Katagiri, HQCC-AT: An Application Programming Interface for Hybrid Quantum-Classical Computing with Auto-tuning Facility, 7<sup>th</sup> September 2024. DOI: 10.13140/RG.2.2.18404.39043

量子実機を演算アクセラレータとして使う

例)「計算可能領域の開拓のための量子・スパコン連携プラットフォームの研究開発」理研、阪大、東大ITC (2023-)

量子計算ジョブ投入



ユーザ

量子計算ジョブ

インターネット

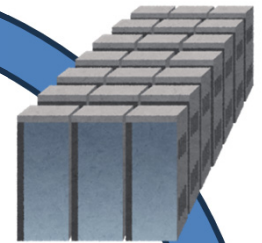
効率よい  
計算環境を  
選択し実行

量子  
計算  
ジョブ

スパコンセンタA



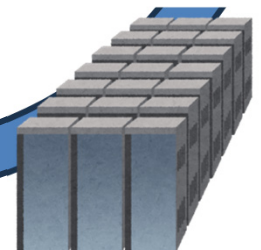
スパコンセンタB



センタ内  
高速通信網

スパコン・量子  
計算センタ群

スパコンセンタC



量子計算  
センタC

SINET6など  
高速通信網

# 連携の方向

# 考えられる連携テーマ

## ● HPCシステム

- 量子コンピュータ実機とスパコンを繋ぐ技術開発  
例) Remote Procedure Call(RPC)?、量子計算クラウド技術
- 専用スケジューラ開発 例)優先度付?
- 量子・古典資源の自動切替方式開発

## ● HPCプログラミング環境

- プログラミング言語・フレームワークの開発
- HPC計算環境の開発 (Python…)
- 数値計算ライブラリ (量子・古典双方) の開発

## ● HPCツール

- 量子回路シミュレータ開発(並列化、GPU化、実機より有効?)
- 性能プロファイラ開発
- 量子や古典の自動性能パラメタ調整機能開発

## ● HPCアルゴリズム・性能評価

- 数値計算アルゴリズム開発 (行列分解、反復解法、誤差解析・・・)
- 量子計算ベンチマーク策定
- 性能モデル・性能解析の方式開発

## ● HPCアプリケーション

- HPC分野のキラーアプリ??

# 量子・古典環境の自動的な切換え

## ● 自動チューニング (AT) 技術の適用

### 古典計算機

#### 古典アルゴリズム

GPU並列

マルチコア並列



スーパーコンピュータ

#### アニーラ型 (疑似量子)

HITACHI CMOS

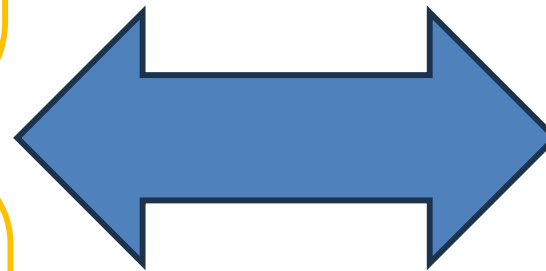
Fujitsu Digital

Amplify

疑似量子コンピュータ(クラウド)

全自動で  
ジョブ(プログラム)  
が移動

自動  
チューニング



問題規模・特性等  
に応じ  
適する環境を  
自動選択

### 量子計算機(実機)

回路型

NISQ→FTQC

アニーラ型

D-waveほか



### 量子回路シミュレータ

回路型

(シミュレータ)

GPU並列

スーパーコンピュータ



# 考慮事項

# 量子コンピュータを実力評価する 時期が到来

## • 実アプリを用いた性能評価！

- 例) 疎行列の連立一次方程式を解く Harrow-Hassidim-Lloyd (HHL) アルゴリズム
  - 古典アルゴリズムの計算量は $O(N)$ で、HHLでは $O(\text{poly}(\log N))$ で量子加速
  - 右辺 $b$ と解ベクトル $x$ の入出力に、 $O(N)$ のコストがかかると元が取れない
  - 問題を縮小して解く場合、古典でもその考えを活用し計算量削減可能（例：ランダムサンプリングアルゴリズム）
  - 多くのシミュレーションでは、ソルバ部分は最下層
    - 何度も呼ばれることが多い → IO性能も重要
    - 前処理や後処理がある、ファイルアクセス時間も無視できない

データ入出力とIO時間を含めて、起動から終了までの  
実行時間と解の精度の評価から始めよう！