

量子コンピュータ研究開発 ～コンピュータ・アーキテクトの視点から～

九州大学

副学長

大学院システム情報科学研究院 主幹教授

量子コンピューティングシステム研究センター長

システムLSI研究センター長

井上こうじ

九州大学における 古典 & 量子コンピューティング研究教育

**Classical
Computing**

**Quantum
Computing**

Supercomputer

Quantum Algorithm

Cloud

Quantum Software

AI/IoT

Error Correction

SLRC

QCSC

Semiconductor システムLSI研究センター

量子コンピューティング
システム研究センター

Cryo-Electronics

Emerging Devices

Qubits

「コンピュータ」が満たすべきこと

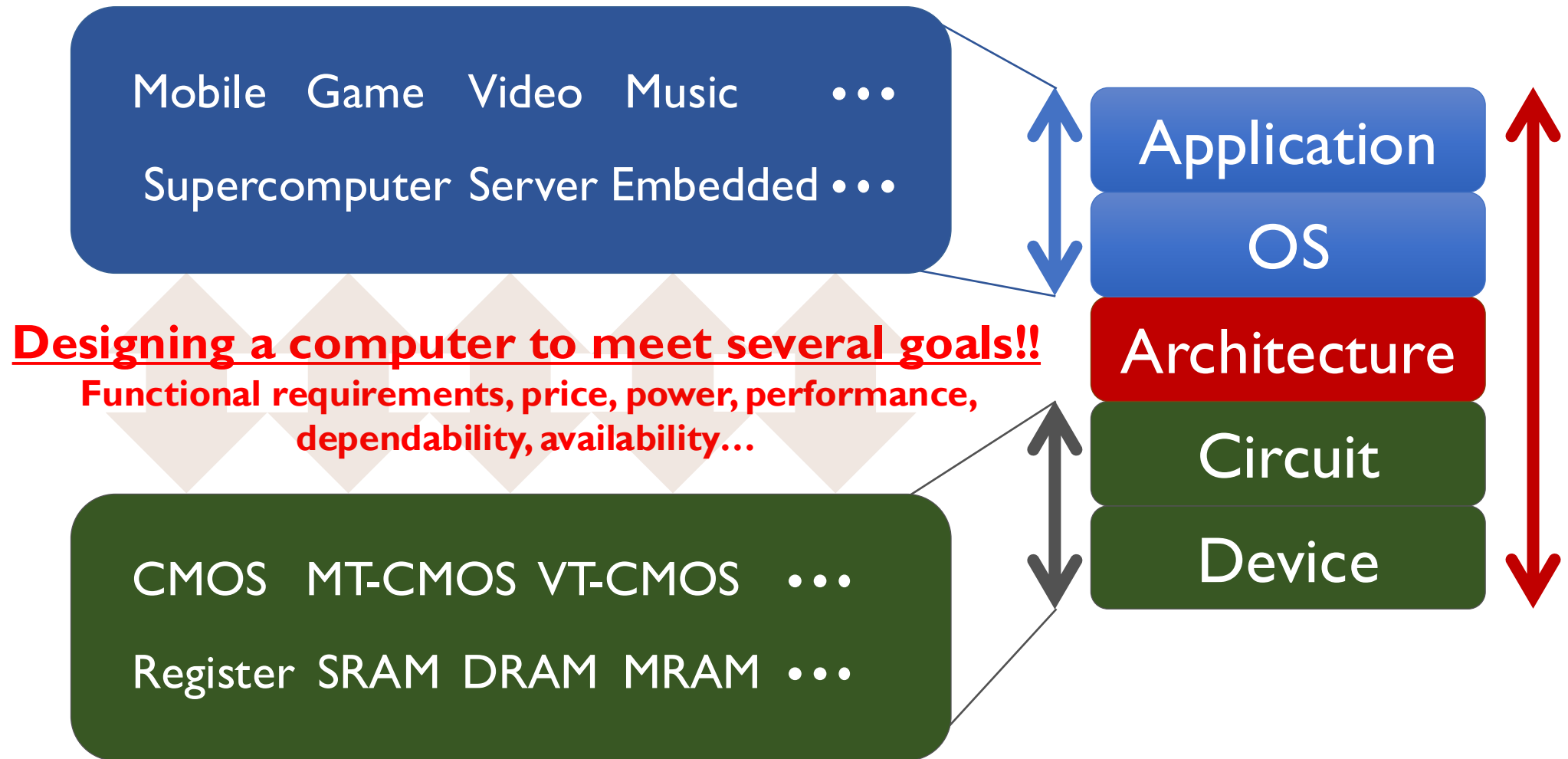
**ソフトウェア
多様性の担保**

**高い
情報処理能力**

どのような「コンピューティング技術」が必要か？

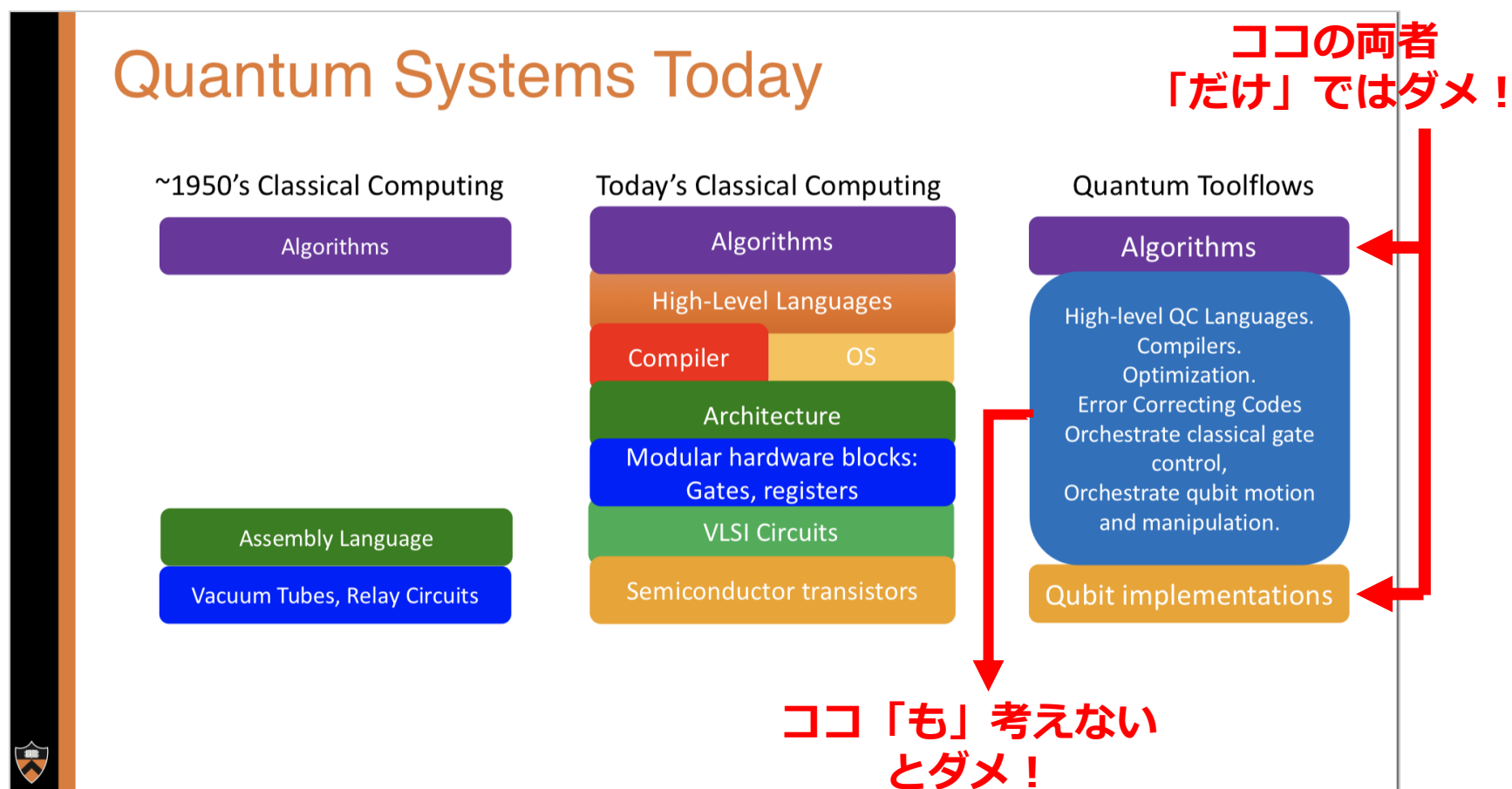
「量子」は高い情報処理能力を実現する有望な手段のひとつ！

コンピュータアーキテクチャの役割



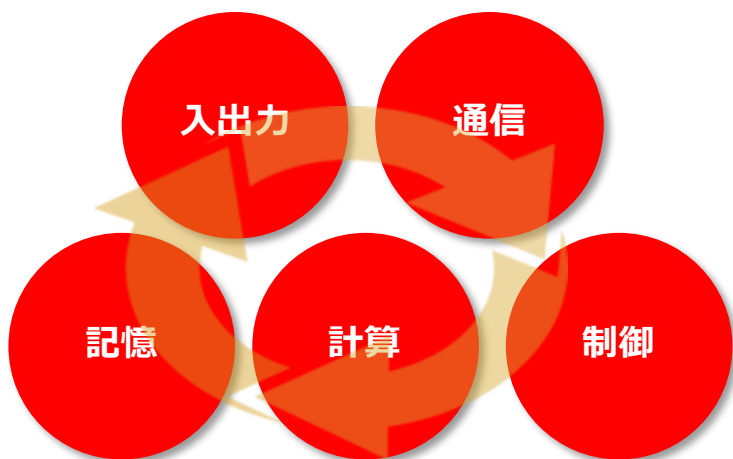
「使えるシステム」 として考える必要性

Tools for QC Arch Research (Diana Franklin)
<https://www.epiqc.cs.uchicago.edu/tutorial>



システム「全体の系」を捉えた研究開発を!

(いわゆる) 古典コンピューティング



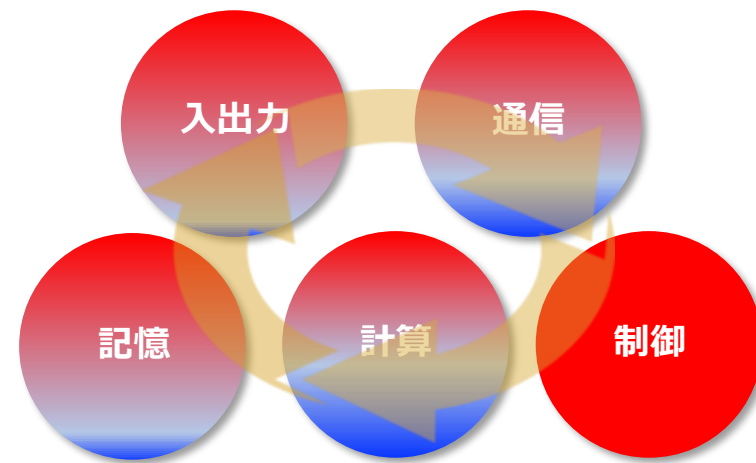
コンピューティングの5大要素
(これまでは各要素独立で成立する時代)

量子コンピューティング



コンピューティングの5大要素
(量子で注目されてるのは一部にとどまってないか?)

(いわゆる) 古典と量子が融合した
コンピューティング

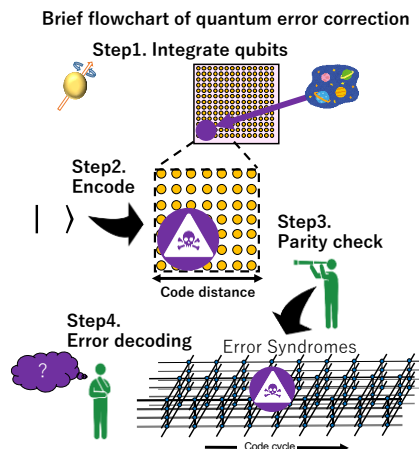
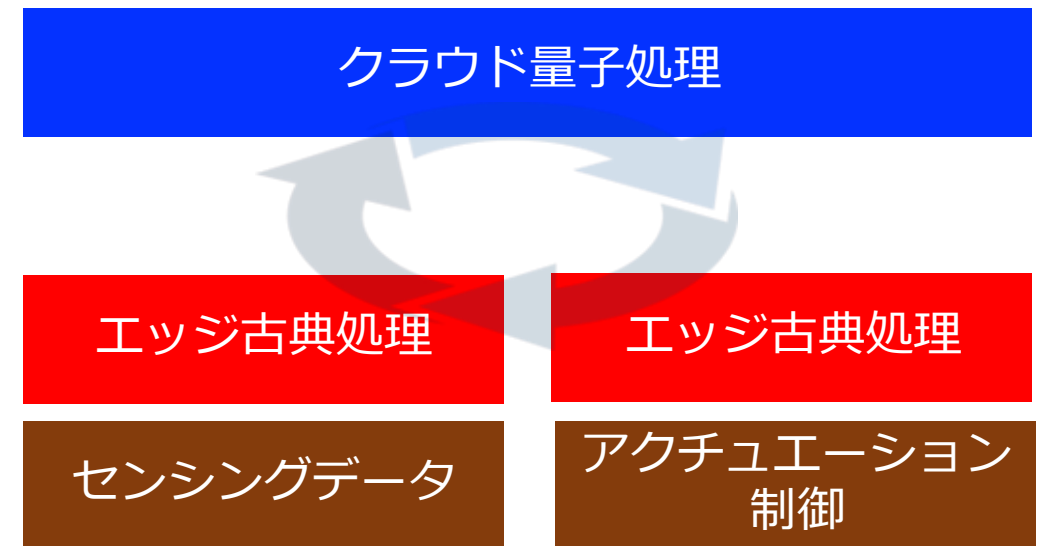
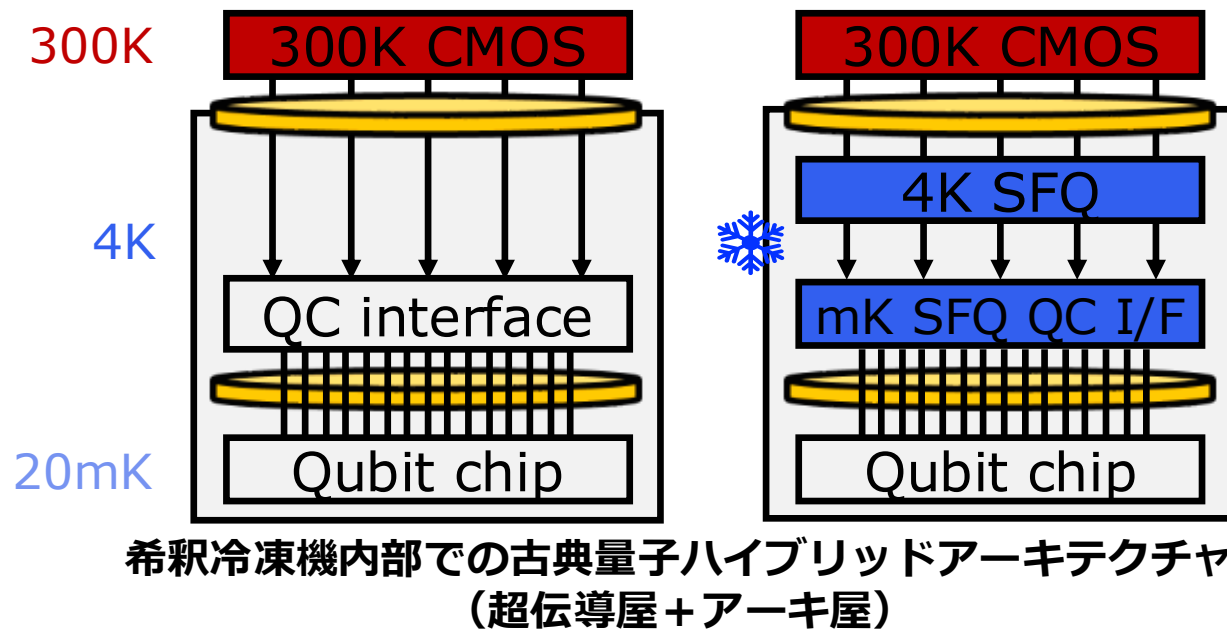


コンピューティングの5大要素
(これからの方向性)

本質的に重要なこと

コンピューティングモデル, そして, システム階層 (抽象度化とインタフェース) が抜本的に変わる可能性がある→この時に「コンピューティングシステム」をどうデザインし, どう発展 (スケール) させていくのか?→極低温技術などの「コンピューティング環境」も含む

システム「全体の系」を捉えた研究開発！ ～情報処理の道具としてどう量子を活用するか？～



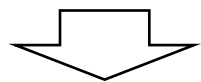
宇宙線によるマルチ量子ビット
バーストエラー対策
(物理屋+アーキ屋)

- ・コンピューティングシステム全体（アプリも含む）を俯瞰すると様々な「古典と量子の連携」が必須となるはず！
- ・古典コンピューティングで培った技術や知見を，量子コンピュータにも役立てることができるはず！

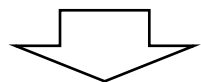
HW/SW協調設計→CS/DS/Physics協調研究

1990年代のHW/SW協調設計
～組み込みシステムの分野～

HWの開発をまってSWを開発しても間に合わない



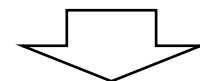
HWとSWを同時開発しよう！



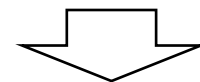
それなら、お互いに協調して最適化しよう！

2020年以降のCS/DS/P協調研究
～（いわゆる）古典量子情報処理分野～

量子ビットの開発をまってシステム開発しても間に合わない



量子ビットとシステムを同時開発しよう！



それなら、お互いに協調して最適化しよう！

九州大学 量子コンピューティングシステム研究センター

QCSC : 5部門28教員

- **設置目的：計算機システムを俯瞰した分野横断型量子コンピュータ研究開発の推進**
 - 物理, デバイス, プロセス, 回路, アーキテクチャ, コンパイラ, プログラミング, アルゴリズム, 数理, 社会応用まで！
 - 国内外の学外機関と強固に連携！
 - (いわゆる) 古典からみた量子と量子からみた (いわゆる) 古典の双方向でコンピュータシステムを捉える！
- **目標：システムレベル量子コンピューティングの研究開発拠点の形成**
 - 新 (いわゆる) 古典・量子ハイブリッドシステムの実現, 新量子デバイスの探索, などの新しい潮流
 - 分野間連携 + 国際的人材交流を起点とした人材の発掘と育成

量子計算応用探索・社会連携部門

量子コンピュータの応用技術開拓, 新産業創出のためのエコシステム構築, 国内外産業連携を基本とする技術交流と人材育成の加速

量子計算アルゴリズム部門

数理・情報理論の観点から量子アルゴリズム全般に関する研究を推進, 量子ゲートコンピュータや量子イジングマシンを対象としたアルゴリズムを探索

量子計算ソフトウェア部門

コンピュータサイエンスの観点から量子ソフトウェア全般に関する研究を推進, プログラミングモデル/ライブラリ構築/ソフトウェア開発支援技術などを探索

量子計算アーキテクチャ部門

コンピュータサイエンスの観点から量子計算機アーキテクチャ全般に関する研究を推進, 古典量子ハイブリッド構造などを念頭に、新しいシステムアーキテクチャ技術を探索

量子計算デバイス部門

物理・材料・デバイス・プロセス工学の観点から新しい量子ビット創成に関する研究を実施, 量子ビット/光・量子インターフェース/極低温動作デバイス技術などを探索

FTQCSA

👥 Workshop on Fault-Tolerant Quantum Computer System Architecture

Program



The 1st FTQCSA workshop in Tokyo

Committees

Organizing Committee

- Chair: Teruo Tanimoto, Kyushu University, Japan
- Vice Chair: Yosuke Ueno, RIKEN, Japan
- Program Committee Chair: Yasunari Suzuki, NTT/RIKEN, Japan
- Program Committee Vice Chair: Shota Nagayama, Keio University/Mercari, Japan

Program Committee

- Ilkwon Byun (Kyushu University)
- Yufei Ding (University of California, San Diego)
- Poulami Das (University of Texas at Austin)
- Akihito Soeda (National Institute of Informatics, Japan)
- Gokul Subramanian Ravi (University of Michigan)
- Swamit Tannu (University of Wisconsin-Madison)
- Hayata Yamasaki (The University of Tokyo)