資料2-3

量子コンピューティング：現状と産業化への課題

(量子技術の実用化推進WG第3回資料)

2022/12/6

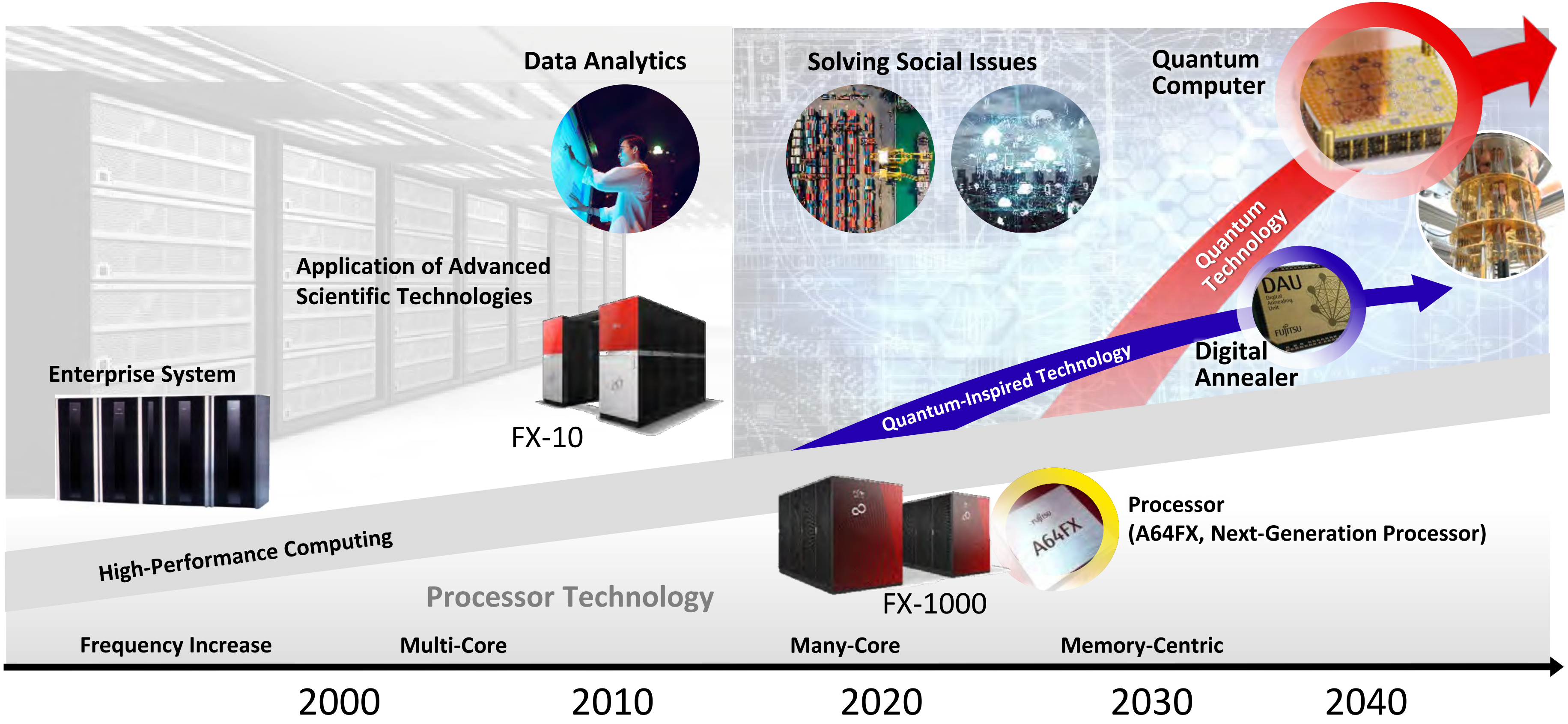
富士通株式会社
富士通研究所 量子研究所
佐藤 信太郎

© 2022 Fujitsu Limited

富士通のコンピューティングへの取り組み

FUJITSU

(By courtesy of RIKEN)



© 2022 Fujitsu Limited

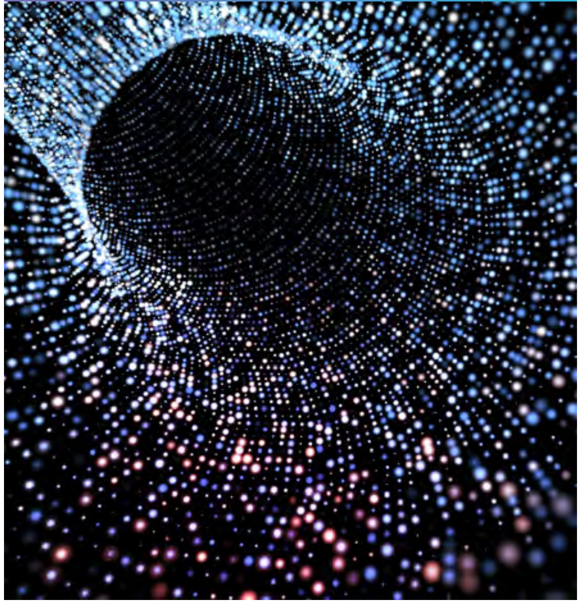
量子コンピュータにより解決が期待される課題

現在のコンピュータでは原理的に高精度 / 高速計算が困難な、量子化学計算や複雑系の計算など

新しい材料や医薬の発見

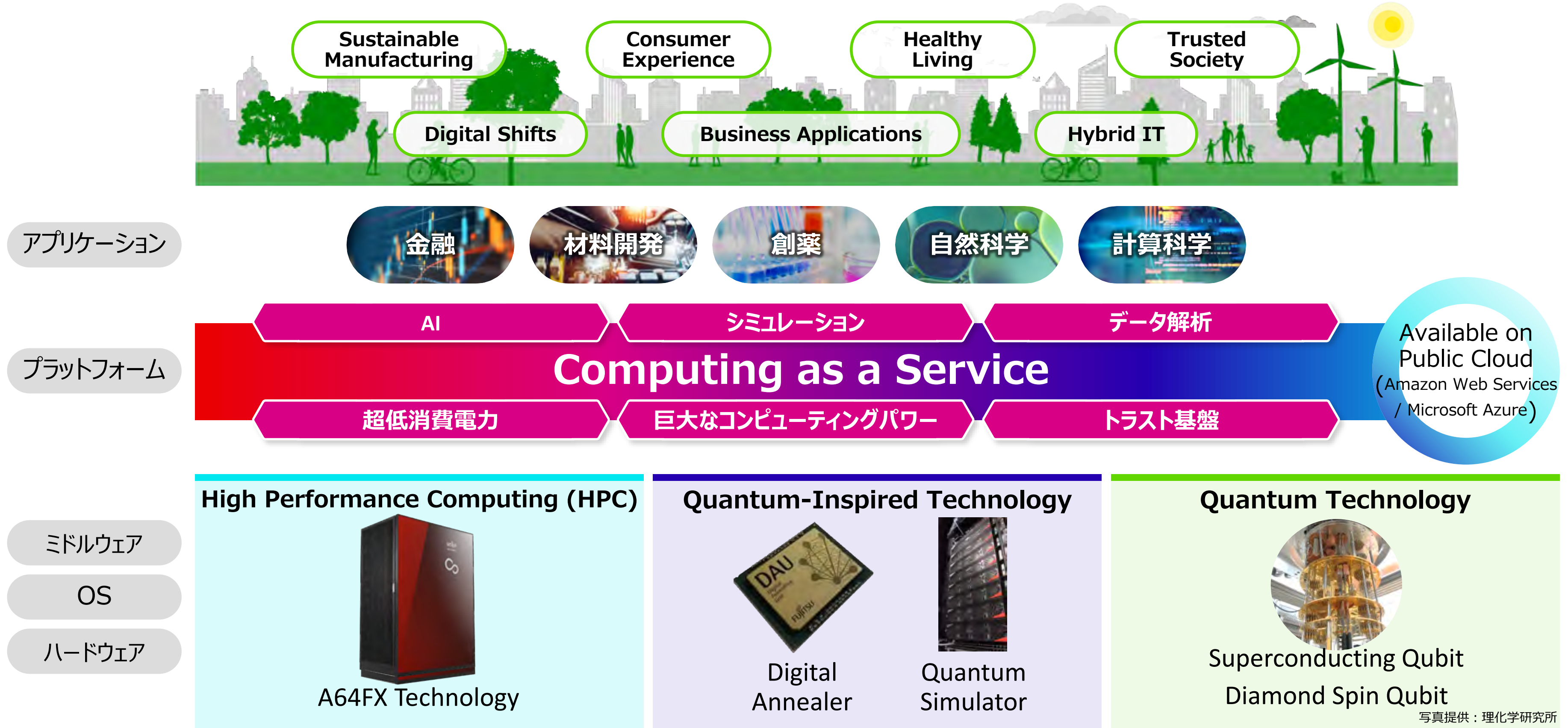
金融や経済の動向予測

産業を変革する新原理の発見



© 2022 Fujitsu Limited

Computing as a Service Vision



© 2022 Fujitsu Limited

富士通の量子コンピューティング研究開発戦略

FUJITSU

- 量子デバイスから基盤ソフト、アプリまですべての領域に、世界有数の研究機関と取り組む
- ソフトウェア技術に注力する一方、ハードは幅広く可能性を追求
- 量子シミュレータを活用し、エンドユーザーと早期からアプリケーション開拓に取り組む

［技術領域］

QunaSys CEO 楊 天任

キーサイト･テクノロジー Emerson教授

［技術領域］			
量子アプリケーション	材料、創薬、金融など。 エンドユーザーとの共同研究を推進		
量子基盤ソフトウェア	基盤アルゴリズム	エラー緩和技術	エラー訂正技術
量子プラットフォーム	ミドルウェア、コンパイラ、クラウド化技術		

大阪大学 藤井教授

量子状態制御	制御回路	制御回路	制御回路
量子デバイス、集積	超伝導方式	ダイヤモンドスピン方式	その他方式
	理化学研究所	デルフト工科大学	広く検討

中村教授

Hanson教授

© 2022 Fujitsu Limited

ハードへの取り組み：
超伝導方式とダイヤモンドスピン

超伝導　**理研RQC－富士通連携センターを設立**　2021 / 4 / 1

ミッション：量子コンピュータ実用化に向けた基盤技術の確立

- 1000量子ビット級の大規模化を可能にするハードウェア、ソフトウェア技術
- 試作する実機を利用した、エンドユーザーを巻き込んだアプリケーション開発

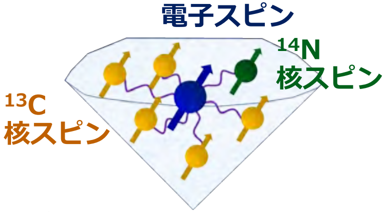
中村教授

ダイヤモンドスピン　**デルフト工科大学と共同研究**

ダイヤモンド中の窒素-空孔複合体（NVセンター）のスピンを物理量子ビットとして利用

- 超伝導に比較し高温動作（1-10K）が可能
- 光を使って量子ビット間の接続が可能であり、大規模にも期待
- 本量子ビット技術を使ってエラー訂正を実証、Natureに掲載（2022年5月）

"Fault-tolerant operation of a logical qubit in a diamond quantum processor,"
Abobeih, *et al.*, *Nature* **606**, 884–889 (2022)



ダイヤモンドスピン量子モジュール

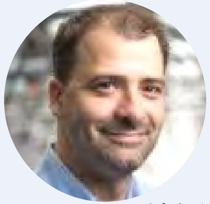
© 2022 Fujitsu Limited

ソフトウェアへの取り組み

FUJITSU

量子ビットのエラー対策が重要

NISQ用のエラー緩和技術「Randomized Compiling」などと、それを利用したアルゴリズムに関し、カナダQuantum Benchmark社（現キーサイト・テクノロジー社）と共同で研究開発



Emerson教授

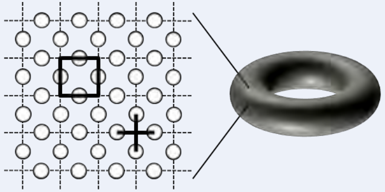
大阪大に「富士通量子コンピューティング共同研究部門」を設置

2021 / 10/ 1

誤り耐性量子計算を実現するためのソフトウェアを共同で研究開発

表面符号での量子エラー訂正のシミュレーションをデジタルアニーラを用いて効率的に行うことに成功

J. Fujisaki *et al.*, Physical Review Research 4, 043086 (2022)



量子エラー訂正向け
トポロジカル表面符号

藤井教授

© 2022 Fujitsu Limited

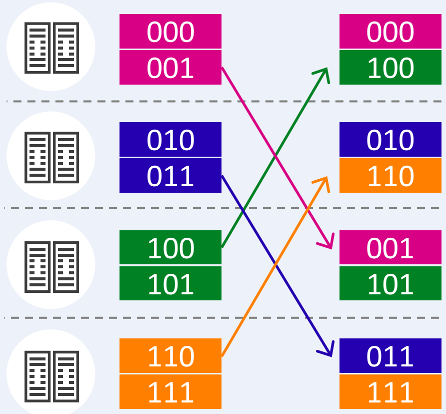
世界最速の量子シミュレータの開発に成功

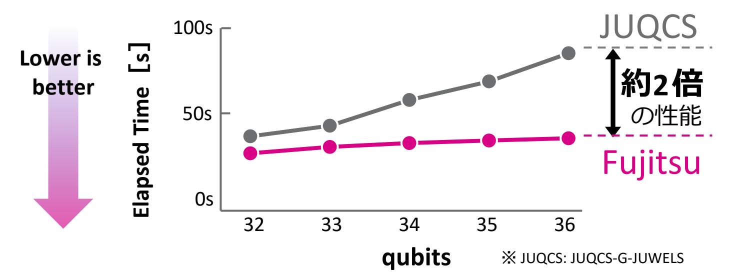
スーパーコンピュータ「富岳」のプロセッサA64FXの高速性を活かし、世界最速レベルの36量子ビットの量子コンピュータシミュレータシステムを開発 (22/3)

- 他機関の主要な量子シミュレータの**約2倍の性能**を実現し、世界最高の処理速度を達成
  量子シミュレータを活用して**量子アプリケーション**を先行開発。富士フイルム様と材料分野で共同研究を開始
- この９月には、さらに大規模な世界最大級の39量子ビットのシミュレータを開発

量子計算に合わせたデータ再配置技術

量子計算の実行順序に合わせて並列計算機上のデータを再配置して通信時間を削減





JUQCS（GPU向けシミュレータ）と比較し、最大約2倍の速度を実現

Imamura, *et al.*, arXiv:2203.16044

© 2022 Fujitsu Limited

シミュレータを活用し、量子アプリケーション開拓を加速

FUJITSU

材料、製造、金融などの各種領域でシミュレータを活用した共同研究を展開

アプリケーションユーザー

FUJIFILM
製造関連企業
金融関連企業
× FUJITSU

富士フイルム様をはじめとする
計算化学領域で共同研究や、
各種製造、金融領域での
共同研究を開始

量子シミュレータ・ソフトウェア

Quantum Native Systems QunaSys × FUJITSU

QunaSys様との提携により、
同社の量子化学計算ソフトウェアの利用による高速な量子化学計算の実現を目指す

将来 量子コンピュータ実機

RIKEN QUANTUM COMPUTING × FUJITSU

将来的には、理研RQC-富士通
連携センターで開発中の
量子コンピュータ実機の利用に
つなげる

写真提供：理化学研究所

© 2022 Fujitsu Limited