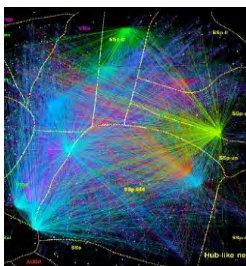


量子技術への期待

Society5.0 を成長の機会とするために

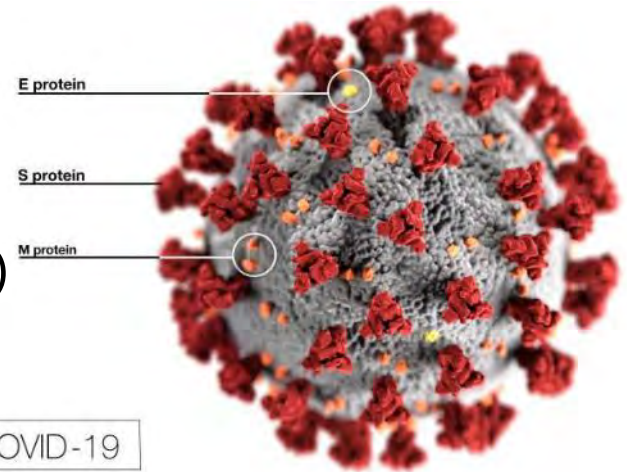
国立研究開発法人理化学研究所 理事長
東京大学大学院理学系研究科 教授

五神 真



地球規模の課題

- 新型コロナウイルス感染症
- 高まる国際緊張
- 社会的分断（人種、ジェンダー、…）
- 地球温暖化・異常気象
- 水質汚染と廃プラスチック



CDC/ Alissa Eckert, MSMI; Dan Higgins, MAMS



<https://www.pexels.com/ja-jp/photo/76969/>



<https://www.pexels.com/ja-jp/photo/2827735/>

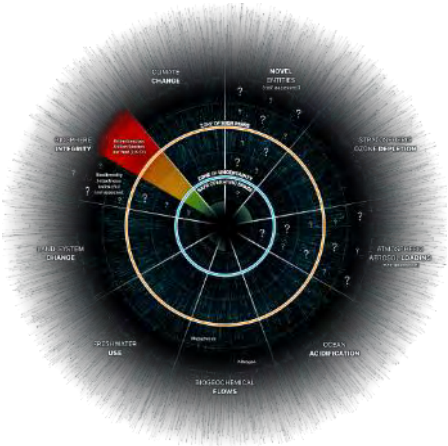


<https://www.pexels.com/ja-jp/photo/11797375/>

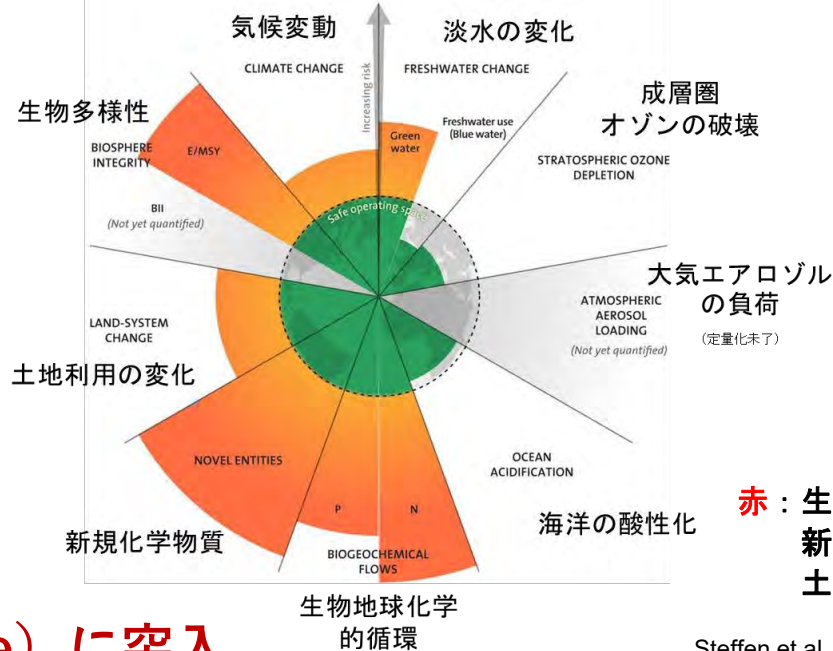
すべて人類の活動が引き起こした事象
→ 人の行動変容が解決の鍵

環境科学からの警鐘：プラネタリー・バウンダリー

1950



Current



ロックストローム教授

赤：生物多様性、窒素・リン循環、新規化学物質、気候変動、土地利用変化、淡水の変化

Steffen et al., (2015), Nakicenovic et al. (2016), Persson et al. (2022), Wang-Erlandsson et al. (2022)

- **人新世 (Anthropocene) に突入**
人間の活動が地球システム全体に影響を及ぼす地質年代

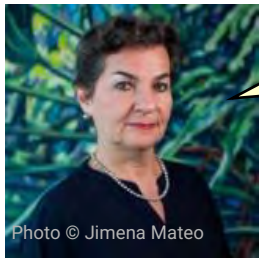
- 窒素循環、気候変動、生物多様性の喪失についてはすでに許容限界量を超えた復元不能な環境変化が生じる可能性がある

地球をグローバルコモンズとして守ることができるのか

2030年までに何をすべきか？

Tokyo Forum 2020 Online (2020/12/3-4)

クリスティアナ・フィゲレス
Global Optimism共同創業者



2030年までに、温室効果ガスの排出を半減し、
クライメート・ポジティブ（排出<吸収）を
実現しないと、間に合わない。



地球温暖化は2030年までのタスク
カウントダウンが始まっている **残り時間がない！**

あらゆる手段を総動員して
2030年までのPathwayを最適化せねばならない

グローバルコモンズを守るには？

小さなコミュニティのコモンズは一定のルールの下で守られる

[E. Ostrom (1990, 1999)]

個々の短期的利益を超えた共通利益をイメージしやすい。
違反者がわかりやすい。

しかし、コミュニティのサイズが

大きくなると守るのが難しくなる → コモンズの悲劇

グローバルコモンズ：地球システムという大きなスケール



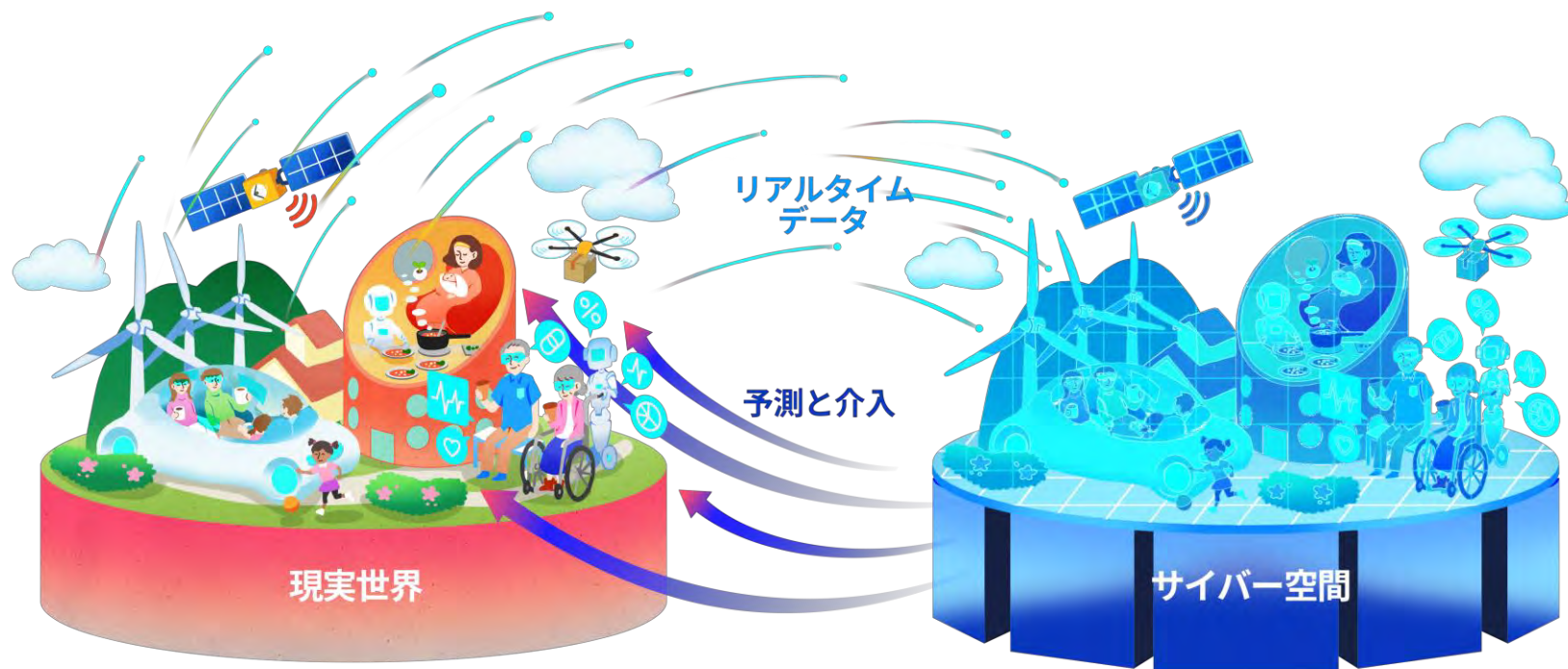
DXがもたらす、サイバーフィジカルの融合は
時空を越えてつなぐ力があるはず

実効的に地球を小さくし（宇宙船地球号）

人が他者や地球を感じる力を高める
それが、**Society 5.0** が目指す社会

サイバー空間とフィジカル空間の融合

- 現実世界のさまざまな活動や情報が、データとしてサイバー空間に蓄積
- データはインターネットを介して共有、参照、検索され、人々の行動に影響

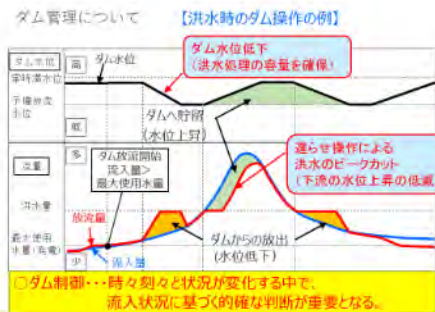


リアルタイムデータ活用例：防災

○洪水対策

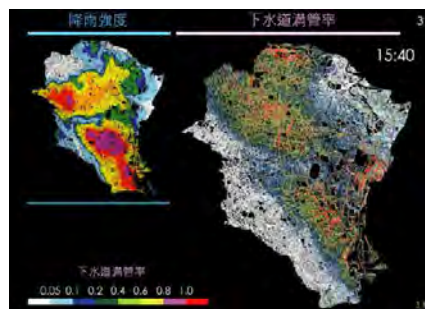
衛星画像や河川、雨量データ等により
将来雨量や河川流量等を高精度予測

・ダムの放水管理



(出所)
データ統合・解析
システム：DIAS

・下水道流量のリアルタイム解析

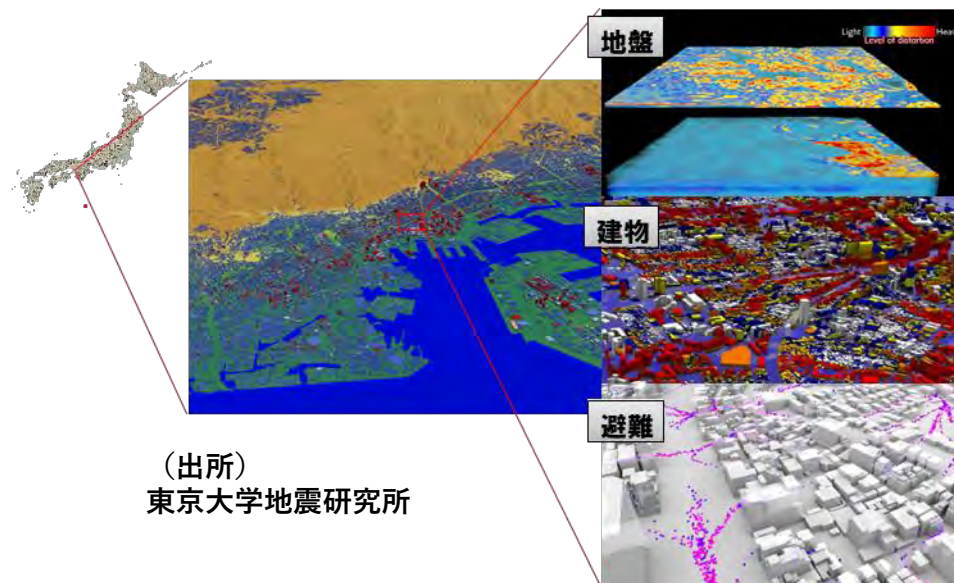


(出所)
国立情報学研究所

○地震・津波対策

地震発生時に、リアルタイムで揺れや
津波等を高精度で予測 (データ同化)

・精緻な都市モデルの構築



(出所)
東京大学地震研究所

現状はデータの解析・表示のみ。また、事後的な追従・検証に留まる場合も
→ リアルタイムビッグデータのリアルタイム処理により、先回り予測を可能に
さらに、意思決定支援や設備・インフラの自動制御により、被害の最小化へ

より良い知識集約型社会への「志ある選択」

個々人の自由で意欲的な活動を
人類と地球の持続的な発展につなげる
新たな成長シナリオ

リアルタイムビッグデータによる
個人、企業、国の行動変容

**今が分水嶺
意志を持って選ぶ**

データ監視・管理社会

- ✓ 特定の主体によるデータの集中管理
- ✓ 個人の自己決定権が大きく制約される

**デジタル革新
Digital
Transformation**

Society 5.0

Japan 2.0, globalization 4.0, ...

- ✓ 知恵が価値を生み、個を活かす社会
- ✓ インクルーシブかつサステナブル
(総活躍) 社会

**データ独占社会、
デジタル専制主義**

- ✓ 一部の企業や国家がデータを独占
- ✓ データを持つ者と持たざる者に
決定的な断絶や格差が生まれる

量子イノベーションイニシアティブ協議会 (2020/7設立)

<https://qii.jp/>



会長 佐藤 康博
(株式会社みずほフィナンシャルグループ 取締役会長)



2台の量子コンピュータ実機を導入

Japan - IBM Quantum Partnership



IBM Q System One™,
the world's first integrated universal approximate quantum computing system designed for scientific and commercial use (located in IBM Japan)

Technology Development Center
A Quantum Computer facility for collaboration between devices and peripheral manufacturers, industry partners in University of Tokyo

Collaboration Center
A Quantum Computer collaboration spaces in University of Tokyo Hongo Campus

企業が想定する量子コンピューターの主な応用例

| 社名 | 概要 |
|--------------------|-----------------------|
| トヨタ自動車 | 素材開発や渋滞回避 |
| 三菱ケミカル | LEDや太陽電池の開発 |
| JSR | フォトレジストや液晶ディスプレイ材料の開発 |
| みずほFG、MUFG、三井住友信託銀 | 資産構成の最適化や精緻な信用評価 |



量子コンピューター:使ってみて初めて開けた世界

川崎市に設置された量子コンピュータ実機
「IBM Quantum System One」の稼働率



(出所) IBM Quantum System One 「ibm_kawasaki」 のJob管理データより

量子 vs 古典ではなく
計算科学の進化に、量子が含まれていく

Error mitigation は古典コンピューターとのコラボが必須

量子古典ハイブリッド計算

Society5.0はデータ活用型社会
勝ち筋は**計算科学を制すること**

- スパコンによる高度な予測
- AIのための学習データ生成

→ **科学計算の需要急拡大**

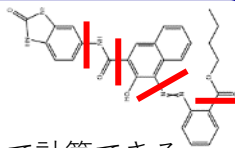
創薬分子探索、機能性材料探索
医療、金融、エネルギー制御 etc.

しかし**組み合わせ爆発！**でお手上げ
スパコン、AIだけでは間に合わない

→ **量子の出番**

例：光機能分子の設計

フォトレジスト、人工光合成 など



(光照射前の状態)

→スパコンで分子中の電子同士の影響を平均化して計算できる

(光照射後の状態)

光で変化した状態では、分子中の電子同士の影響を全部取りこんだ
組み合わせの計算が必要。 **組み合わせ爆発、スパコンでも無理....**

→ **量子コンピュータの出番**

しかし、現在の量子コンピュータはエラーが避けられない

→量子と古典スパコンの連携により、エラーを抑えて、
組み合わせ爆発を回避する

このように・・・

古典：エラーはないが組合せ爆発に弱い

量子：エラー訂正が未達（10年以上必要）

100量子ビットの市販マシンを使える時代
両者の良いところ取りはできないか
→量子古典ハイブリッド

最強の古典スパコン「富岳」を持つ
理研であれば、最新の量子コンピュータを
近くで繋ぐことが可能



量子コンピュータ



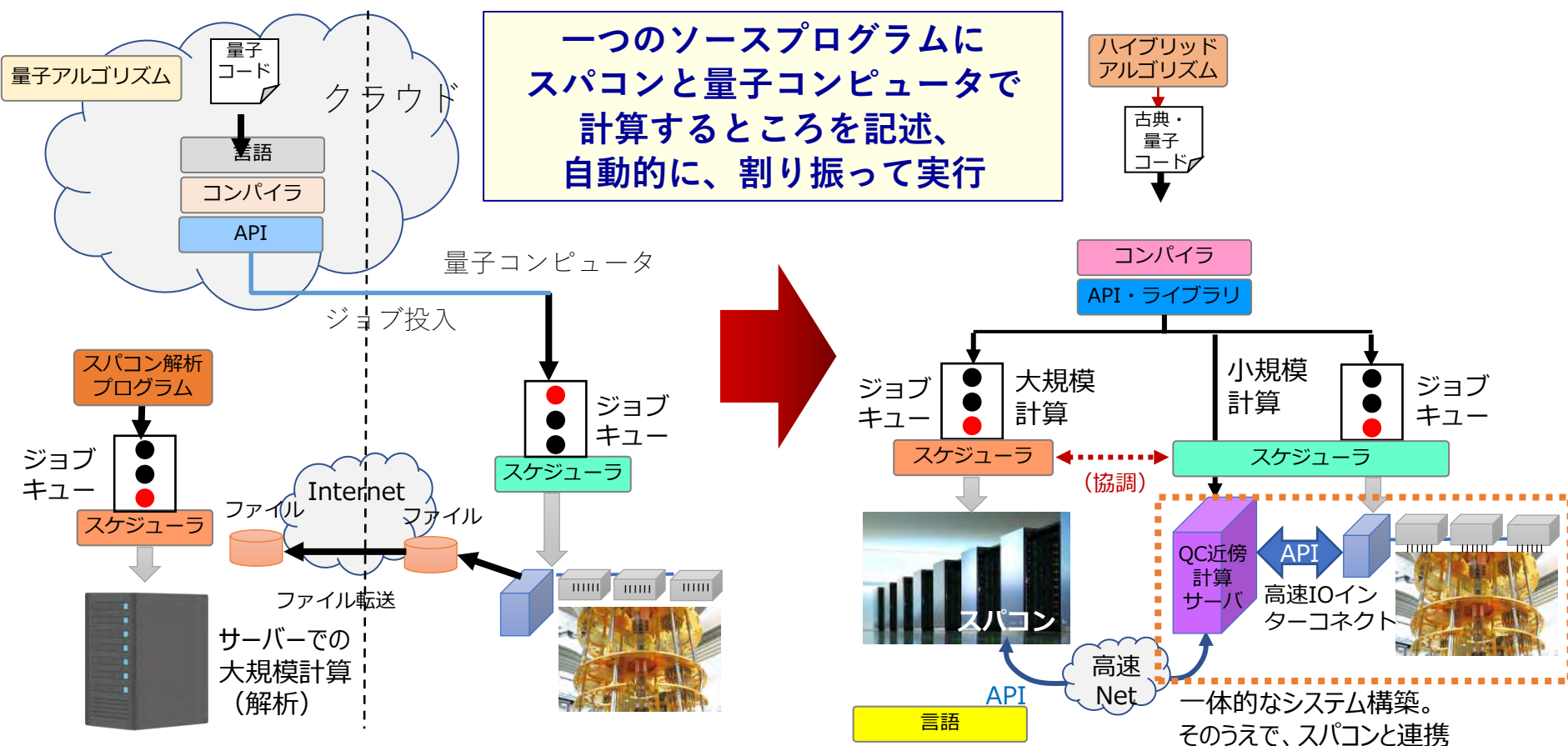
スーパーコンピュータ「富岳」

**量子古典ハイブリッド計算の
基本ソフトウェア群を
世界にさきがけて開発することが急務**
→ **優位性確保**

量子・古典ハイブリッド向けの基盤ソフトウェア

(現状) 非協調の量子・古典ソフトウェア環境

量子・古典ハイブリッド向け基盤ソフトウェア環境



Society5.0に向けた量子技術加速戦略

NII 国立情報学研究所
National Institute of Informatics

SINET6

気象環境DB



大学



「富岳」⇒「富岳NEXT」へ



リアルタイム
利用HPC



量子
コンピュータ

Beyond5G・量子センサ・中継・・・

セキュアで低環境負荷の社会インフラ

- リアルタイムデータ利用が生む付加価値
周囲への影響を見ながら行動を選択
⇒ **通信** (B5G,量子通信中継)
- デジタルツイン上で開発・未来予測
⇒ **高度科学計算** (HPC+量子コンピューター)
- 先端半導体の設計・製造を民主化し、独占を防ぎ、多様なイノベーションを生む
⇒ **半導体**

量子・半導体・通信を三位一体で推進

- 古典・量子融合は新しい学術領域
- デジタル時代の国家インフラとして先行投資
- とはいえ、量子は基礎の仕込みが重要
量子熱力学、シリコン量子チップ、イオントラップ、・・・

自国の人材、研究力と技術基盤の高度化
同時に有志国との連携体制の整備が急務

新型計算機と予測アルゴリズム、データ整備を連携させ、 未来の予測制御の科学を開拓

良質なデータ整備

バイオリソース
放射光計測
研究DX専門職



Spring-8
SAGLA



バイオリソース

研究DXの先駆的
取組へ発展

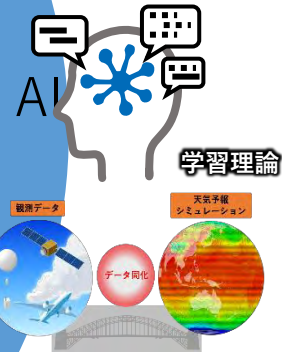
データ

AI

スパコン

AI×数理で 予測の科学を開拓

電子状態予測・新機能材料
元素変換予測・新エネルギー創成
生態系予測・循環型社会



計算可能領域の拡張 量子古典ハイブリット

利用環境整備
次世代半導体

EUVリソ光源開発



量子コンピュータ



スパコン
「富島」

「未来の予測制御の科学」を
分野の枠を超えて開拓

(社会や地球規模の課題の予測と介入による制御を実現)

理研TRIP構想と計算科学



地球温暖化は2030年までのタスク
カウントダウンが始まっている **残り時間がない！**

2030年までのPathwayの最適化が鍵

DXを活用し、新たな知恵を出す

➡ あらゆる手段を動員し
計算可能領域を広げたい

スパコン + AI + 量子
(理研TRIP構想)

富岳NEXT
量子・古典ハイブリッド
専用チップ (MD, AI etc)
先端半導体技術・・・

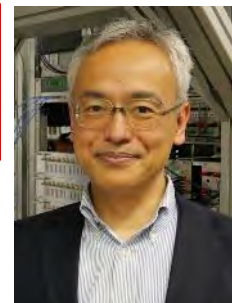
著作権の都合により非表示

各分野での最先端の計算ニーズ
計算プラットフォーム：多様なリソースを連携活用して解法を提供

国産量子コンピュータ鋭意開発中

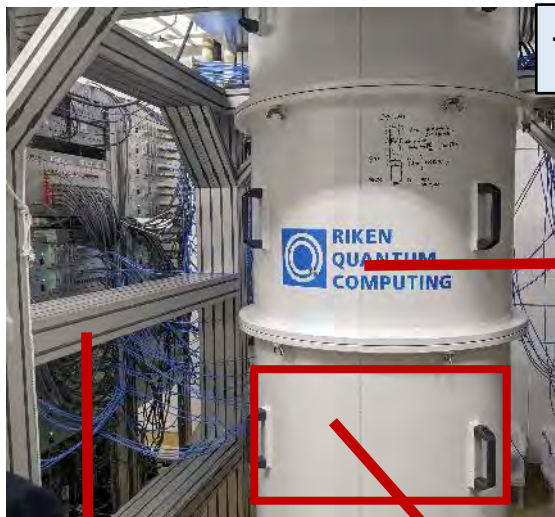
「量子未来社会ビジョン」 p15

令和4年度に初号機を整備し、その後も国際動向、研究開発の進捗、テストベッドに対する利用ニーズ等を踏まえ、テストベッドの高度化や必要な研究開発を着実に進めていく。

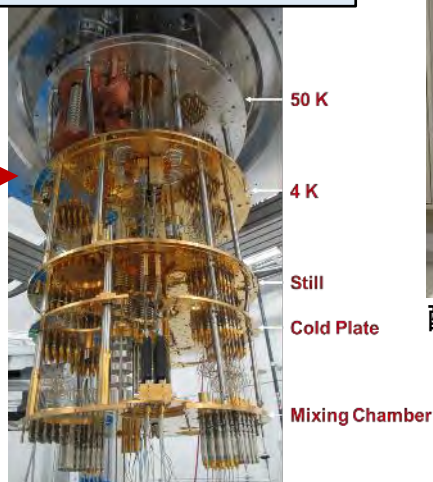


中村泰信
RQCセンター長

理研が開発する超伝導量子コンピュータ



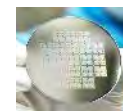
上半分は、超伝導を起こすための極低温冷却装置



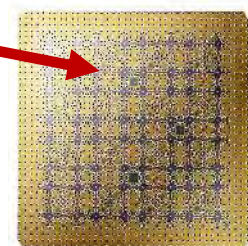
国産超伝導量子コンピュータの組み立て



シリコンウェハから製造



配線パッケージに接続

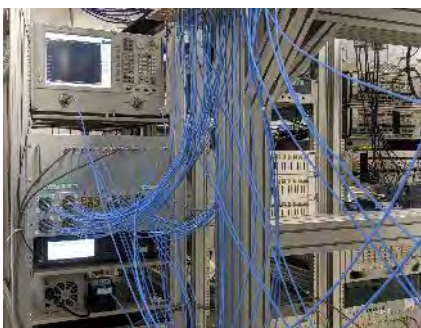


量子プロセッサチップ
(64量子ビット)

磁気シールドに封入



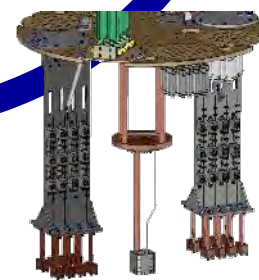
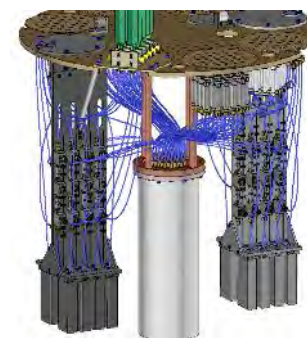
制御エレクトロニクス



国内開発・設計・製造にて整備した量子コンピュータ心臓部



量子プロセッサへの配線



量子技術を日本の成長機会にするには

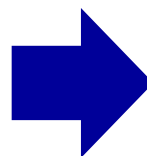
目指す社会

すべての人々が良質なリアルタイムデータを活用して行動を選択する
 個々の自由な選択が他者や地球との調和を両立する社会 (= **Society5.0**)

3つの革新

- ◆ **社会経済**：資本集約型から知識集約型へ
- ◆ **グローバル・コモンズ**：グリーン化を最優先する社会経済、**完全循環型**への転換
- ◆ **DX・半導体**：チップの超巨大システム化、通信革命、AI・量子・古典融合

AIデータ解析・予測科学の高度化
 量子コンピュータ実機のエラー抑制
 宇宙および地上の無線 (5G,B5G) など
 通信の高度化



計算科学ニーズの
 急拡大

サイバーとフィジカルの融合 (デジタルツイン) で研究開発サイクルを短縮
 量子古典ハイブリッドで**計算可能な領域を拡大**し、付加価値を創出
 量子、先端半導体、次世代通信を**三位一体**で推進
 量子技術を成長機会とし、我が国の国際社会での地位維持をはかる