

# 次世代計算基盤（富岳NEXT）の推進について



理化学研究所 計算科学研究センター (R-CCS)  
センター長 松岡 聡

2024年8月23日

- デジタルツイン（シミュレーション）とAI、両者において世界最高水準の性能を達成するフラッグシップシステムを構築することが、社会、産業、科学技術イノベーションの発展の鍵。
  - ✓ 米国では、エネルギー省の支援によるフロンティアをはじめとするエクサスケールの新たなスーパーコンピュータの開発・整備が進展。
  - ✓ スーパーコンピュータによる「AI for Science」は、サイエンスを根本的に変革。
- シミュレーションとAIとが密に連携して処理が行えるシステムを構築することこそが、我が国の科学技術・イノベーションが世界をリードするために必要不可欠と認識。
- また、そのシステムはスーパーコンピュータ「富岳」と同様に、「アプリケーション・ファースト」で整備されることが必要。

## ● 「次世代計算基盤に関する報告書 最終取りまとめ」への対応

- データ移動の効率化を含めた実効性能重視のアプリケーションファーストなシステム。
- 「AI for Science」の実現に向けたHPCとAI技術の高度な融合。
- エコシステムへ訴求が可能、かつ「富岳NEXT」のみならず広く利用される構成の探求。
- スーパーコンピュータ「富岳」の知見やソフトウェア資産の有効活用と継続的な研究開発。
- 量子コンピューティングとのハイブッド利用を見据えたプラットフォームの実現。
- 次の技術開発を中長期的な技術評価・研究開発を継続し、将来のシステムの入替え、拡張への対応。

## ● 「富岳」開発と運用での経験と反省を踏まえた対応

- 「富岳」開発段階で対応しきれなかった課題、「富岳」運用時に対処した経験を踏まえて開発に反映。
  - ✓ スーパーコンピュータ「京」から「富岳」への入替時期（端境期）に、大学及び研究機関における体制強化が図られたものの、我が国の計算資源の一定数が減少した。
  - ✓ 協調設計（コデザイン）が限定されたターゲット・アプリケーションで行われ、一般アプリケーションに対する性能面でのロバスト性が不十分、かつ、システム設計で大枠が決まる前段階で、幅広いユーザにアプリケーション性能を向上するための要件の情報開示がなされなかった。
  - ✓ システムソフトウェアの整備がシステム開発段階で終了し、「富岳」運用段階における継続した開発が行われず、時代や状況に応じた更新ができていなかった。
  - ✓ 新しいAI技術である、「AI for Science」対応に関する要求に、ハード面（SVE FP16）、ソフトウェア面（Fugaku LLM等）、運用面（DL4Fugakuなど）で対応してきたが、最高のAI性能実現には、ハードウェアのさなる高性能化必要であることが露になった。
  - ✓ 運用コストを含め、運用を見据えたシステム設計や環境（設備）整備の議論が不十分であった。

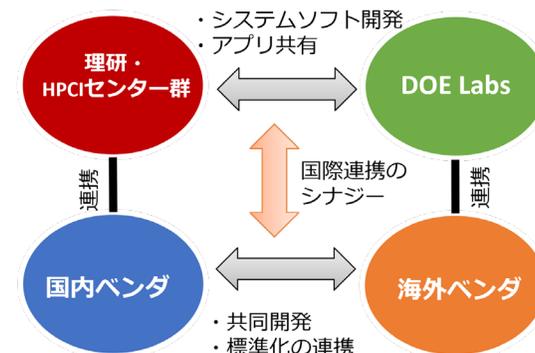


## 理研としての次世代計算基盤の開発／整備方針の前提



- 「次世代計算基盤に関する報告書 最終取りまとめ」への対応
  - データ移動の効率化を含めた実効性能重視のアプリケーションファーストなシステム。
  - 「AI for Science」の実現に向けたHPCとAI技術の高度な融合。
  - エコシステムへ訴求が可能、かつ「富岳NEXT」のみならず広く利用される構成の探求。
  - スーパーコンピュータ「富岳」の知見やソフトウェア資産の有効活用と継続的な研究開発。
  - 量子コンピューティングとのハイブリッド利用を見据えたプラットフォームの実現。
  - 次の技術開発を中長期的な技術評価・研究開発を継続し、将来のシステムの入替え、拡張への対応。
- 「富岳」開発と運用での経験と反省を踏まえた対応
  - 「富岳」開発段階で対応しきれなかった課題、「富岳」運用時に対処した経験を踏まえて開発に反映。
    - ✓ スーパーコンピュータ「京」から「富岳」への入替時期（端境期）に、大学及び研究機関における体制強化が図られたものの、我が国の計算資源の一定数が減少した。
    - ✓ 協調設計（コデザイン）が限定されたターゲット・アプリケーションで行われ、一般アプリケーションに対する性能面でのロバスト性が不十分、かつ、システム設計で大枠が決まる前段階で、幅広いユーザーにアプリケーション性能を向上するための要件の情報開示がなされなかった。
    - ✓ システムソフトウェアの整備がシステム開発段階で終了し、「富岳」運用段階における継続した開発が行われず、時代や状況に応じた更新ができていなかった。
    - ✓ 「AI for Science」に関する「富岳」の対応について、ハード面（SVE FP16）、ソフトウェア面（FugakuLLM及び研究開発体制強化）、運用面（DL for Fugakuなど）図ってきたが、最高のAI性能実現には、ハードウェアにおける対応が必要になったことが明らかになった。
    - ✓ 運用コストを含め、運用を見据えたシステム設計や環境（設備）整備の議論が不十分であった。

## 情報基盤の開発／運用拠点



## 技術革新

## 持続性／継続性

## Made with Japan

- AIを大幅に加速する諸技術のさらなる発展とそれによるアプリケーション性能の数十倍～数百倍のアプリケーションの性能向上
- 高帯域及びヘテロジニアスなノードアーキテクチャ、先進的なメモリ技術の採用
- 「AI for Science」に求められる観測・実験インフラへの融合に必要なリアルタイム性の実現などを意識したコデザインを実施
- 標準規格や既存のエコシステムとの親和性が高いシステムの構築（ソフトウェア環境の継続整備）
- 持続的・継続的なシステム構築、運用環境に向けた研究開発環境の実現
- カーボンニュートラル化等を見据えた運用環境の高度化
- 情報産業への世界的な訴求力を意識した国産技術の高度化と技術継承、グローバルマーケットへの展開（国産技術をベースとしたCPUの活用と国際連携による普及）
- 国内技術・人材と海外技術・人材の連携によるプロジェクト推進（国際協調）

## 「次世代計算基盤に関する報告書 最終取りまとめ」より抜粋（一部補筆）

- （科学者）コミュニティの試算や産学官の更なる利用の拡大も見越しつつ、遅くとも2030年頃の稼働を目指し、電力性能の大幅な向上により、既存の「富岳」ユーザに対しては実効性能として現行の5～10倍以上の計算能力を提供しつつ、AI性能については運用開始時点で世界最高水準（実行性能として少なくとも50EFLOPS以上）の利用環境を提供することを目標として、フラッグシップシステムの開発・整備を行うべき。
- （フラッグシップシステムの開発・整備を行う際には、）今後も自国の技術を中心にスーパーコンピュータを開発・整備する能力を国内に維持し、国内人材育成や産業競争力の維持・発展に資するため、「京」や「富岳」の開発において蓄積してきたCPUの開発及びシステムのインテグレーションに加え、メモリ実装技術の開発をコア技術と位置付けて継続的に開発を行うべきである。また、更なる性能向上や生成AIへの対応を図るため、加速部を導入すべき。また、（略）、最先端のメモリ技術を採用し、利用者にとってさらに魅力的なシステムとなることを期待。
- （略）システムソフトウェア開発においては、アプリケーションやAI等の研究開発のプラットフォームとして、世界で使われている基本的なアプリケーションがこれまで以上に多様かつ円滑に利用できるように設計し、運用開始後も継続してシステムソフトウェアの改善を図るべきである。
- （開発・整備の手法について）（略）時代時代の要請に応じた十分な性能を常に提供し続ける必要が生じている。そのために、フラッグシップの開発・整備においては、
  - ① 「京」から「富岳」への移行時のようなシステムの入替による「端境期」を極力生じさせず、利用環境を維持すること
  - ② 最新の技術動向に対応するために適時・柔軟にシステムを入れ替え又は拡張可能とし、進化し続けるシステムとすること
  - ③ （略）将来の計算資源への対応に大きく貢献し得る技術に関しては、AI技術の次の技術革新を含めた中長期的な視点から技術評価・研究開発を継続し、将来のシステムの入替・拡張の際に反映させること

が重要。

## ● シミュレーションとAIの融合によるサイエンスの進化へ向けて

- 世界最高水準のAI処理基盤の実現
  - 仮説生成や実証などのサイエンスの自動化・高度化（「AI for Science」）による科学研究の加速。
  - 混合精度演算やサロゲートモデル等利用によるデジタルツイン実行性能の大幅な向上（ハードウェアカタログ値の性能向上分を超えた性能加速）。

→ シミュレーション・AIの双方で世界最高性能を達成を目指す

## ● データ移動の効率化による実効性能と電力効率の大幅な向上

- 導入時点で入手可能な最先端の積層メモリ技術の利用。
- シミュレーションおよびAIワークロードに資する相互結合網の構築。

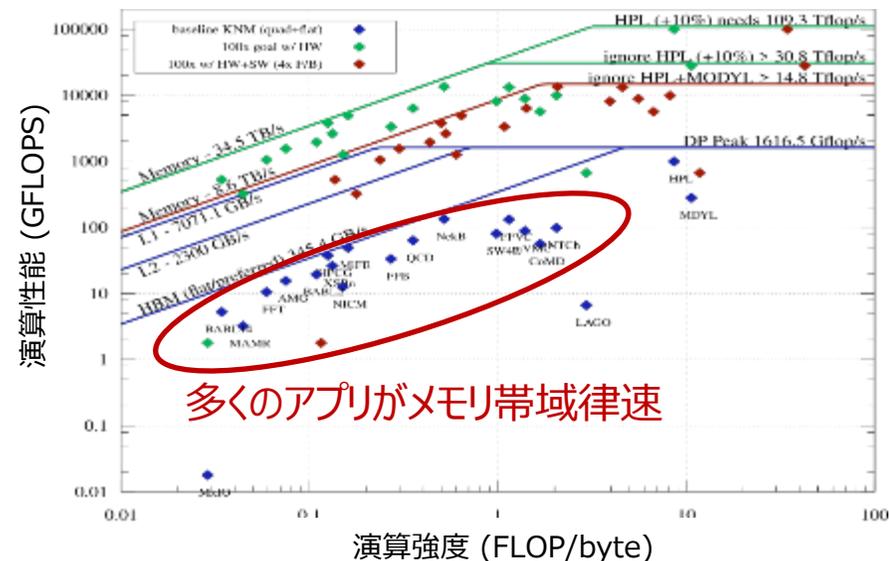
## ● ヘテロジニアス&密結合アーキテクチャによる演算処理加速

- 国産技術を取り入れたCPU + GPU等アーキテクチャ。
- Made with Japanのシステム構築による国内技術力の強化と育成。

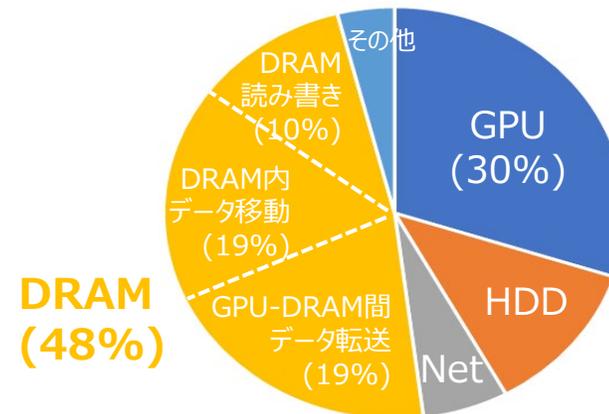
## ● エコシステムを重視しオープン規格を取り入れたシステム構成

- 既存のシステムソフトウェア（AIフレームワークやプログラミング環境、ファイルシステム）との互換性を担保。
- 「富岳NEXT」専用ではなくクラウド等に訴求できるシステムを探求。

ルーフライン解析

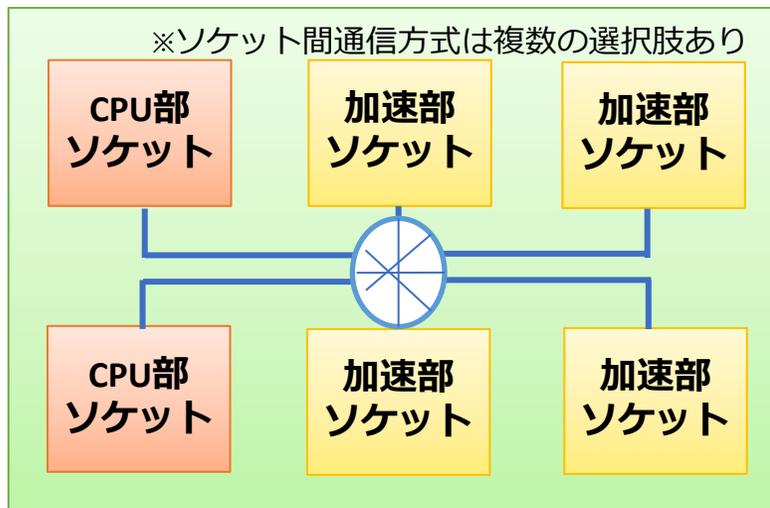


AI時代のGPUサーバの消費電力内訳



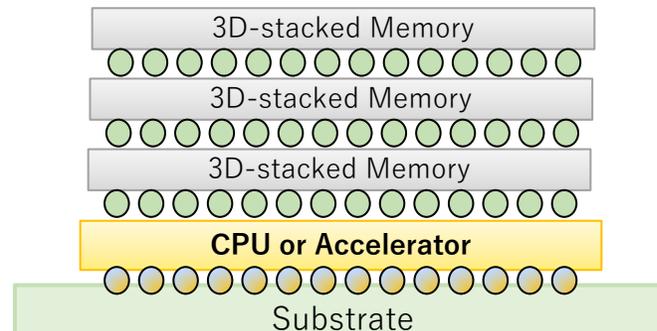
J. Zhao et al., "Optimizing GPU energy efficiency with 3D die-stacking graphics memory and reconfigurable memory interface," in *ACM Trans. Architecture and Code Opt.* vol. 10, Issue 4, pp. 1-25, 2013. を基にAI推論の電力内訳を分析

## 高帯域&ヘテロジニアスなノードアーキ例



## 3次元積層メモリ技術例

各ソケットに導入時点で利用可能な最先端の3次元積層メモリ技術を採用



- CPU & 加速部を数基搭載する計算ノードを数千台並列に接続

- 各計算ノード性能 (ピーク) : 数百TFLOPS程度 (倍精度演算)、50PFLOPS程度 (AI向け半精度演算)、100PFLOPS程度 (AI向け8bit精度演算)、数百TB/s程度 (メモリ帯域)

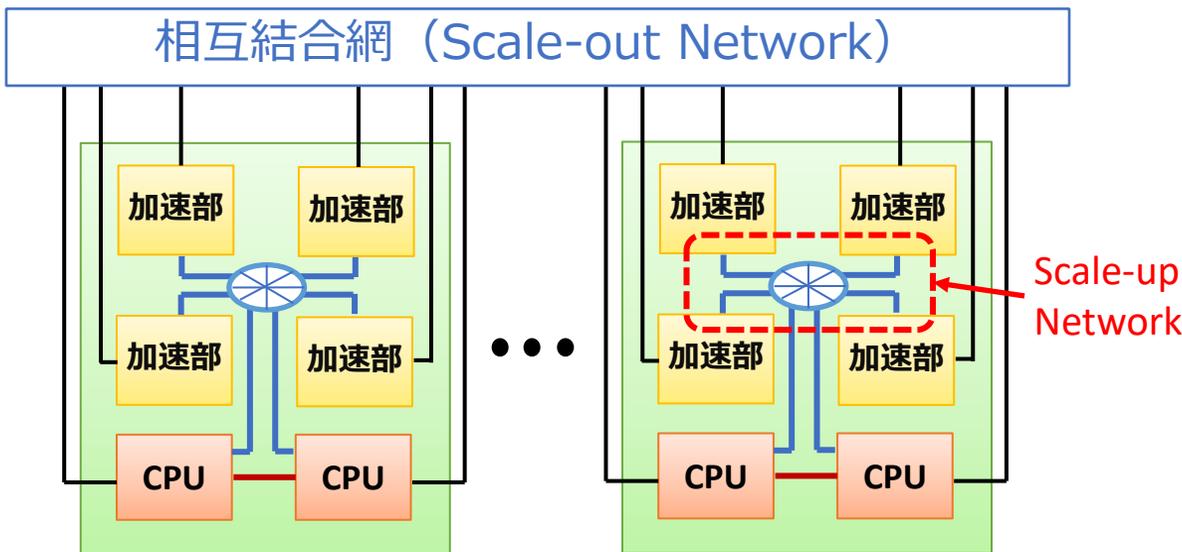
※ 参考 : 富岳計算ノード性能 (ピーク) : 3.4TFLOPS (倍精度演算)、13.5TFLOPS (半精度演算)、1.0TB/s (メモリ帯域)

今後の「AI for Science」の発展を見据えつつ

既存HPCアプリで現行の5~10倍以上の実効計算性能

AI処理でZettaスケールのピーク性能を念頭に50EFLOPS以上の実行性能を実現するシステムを開発・整備し  
シミュレーションとAIの融合により総合的に数十倍のアプリ実行高速化を目指す

## シミュレーションとAIの融合に向けた システムアーキテクチャ



- 強・弱スケーリング双方に適するシステムネットワーク
  - Scale-up/Scale-outネットワークを組み合わせ
  - 加速部間の直接ネットワーク接続
- システム全体で数万規模の加速部ソケットを搭載

実効性能50EFLOPSを達成し さらに世界をリードするために必要な  
ZettaスケールのAIによる世界最高性能のアプリケーション性能  
と革新的な「AI for Science」を実現する次世代計算基盤

## システム仕様の決定に向けた検討事項 (例)

- システム構成
  - ノード数、CPU部と加速部のノード内搭載比率
  - ネットワークトポロジ
  - I/O (ストレージ) アーキテクチャ
- 加速部
  - 候補加速部の選定
  - 詳細アーキテクチャ
- CPU部
  - 詳細アーキテクチャ
  - 加速部との接続方式
- メモリ
  - 製造時期における先端メモリ技術の特定と選択
  - 各ノードに搭載するメモリ容量

## ● 「富岳NEXT」ストレージシステムの方向性

- データサイエンス、大規模チェックポイントング等の従来型のI/Oや、「AI for Science」等の新たなI/O要求に対応可能な最先端のストレージシステムに進化
- I/Oインテンシブアプリ開発者へのヒアリングに基づくストレージシステム、性能および容量の検討 \*SSF: Single Shared File

	アーキテクチャ	ファイルシステム	バンド幅 (SSF*の実効性能)	IOPS	容量
第1階層	(ニア)ノードローカルストレージ	検討中 (CHFS等)	総メモリダンプ時間: 1分以下	最大I/Oプロセス数からの メタデータ処理時間: 1秒以下	総メモリサイズの 2倍以上
第2階層	共有ストレージ	Lustre, DAOS	総メモリダンプ時間: 5分以下	第1階層の1/10のIOPS	総メモリサイズの 30倍以上

- 「富岳」から「富岳NEXT」への円滑なデータ移行の実現（利用の継続性・利便性の確保）
- 安定した性能を実現するためのハードウェア／ソフトウェア設計
  - 富岳における課題解決(1)：ストレージノードのメモリ枯渇（接続情報、メタデータ保持等）によるI/O性能の不安定性を解決
- 持続可能なファイルシステム・ソフトウェアの開発
  - 富岳における課題解決(2)：ユーザのフィードバックに対して柔軟に改修ができるOSSを基本とした継続的な開発

## ● 「富岳NEXT」ストレージシステムの例 （注：一例のためノード・システムアーキテクチャに応じて変更されます）

（一例）総メモリサイズ: 20PB、最大I/Oプロセス数: 数千万プロセス の場合の見積もり



## スーパーコンピュータ「富岳」のシステムソフトウェアの技術と経験をベースに、先端性と利用の継続性を両立させた進化型のシステムソフトウェアを構築

- 「富岳」から「富岳NEXT」へユーザが違和感なくアプリケーションを利用でき、かつ新たな技術の取り込みを可能とするシステムソフトウェアの構築を目指す。
  - Exascale Computing Projectをはじめとする国内外のコミュニティと連携したソフトウェアエコシステムの開発およびOSSの利活用
  - CPUと加速器を効率よく利用するためのプログラミング環境やソフトウェア環境の整備
  - 科学シミュレーションのみならず、AI for Science、量子-HPC計算やそれらの融合を可能にする最先端のソフトウェア環境を実現

### システムソフトウェア群

プログラミング環境

数値計算ライブラリ

AIフレームワーク

通信ライブラリ

ファイルシステム

スケジューラ

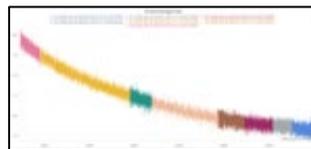
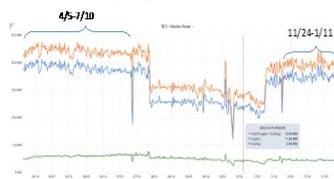
OS・コンテナ

運用管理システム

「富岳NEXT」またその先に向けて継続的に技術評価・研究開発  
(国内外のコミュニティに水平展開し、全体の発展に継続的に貢献)

## 省電力機能、「AI for Science」のサポート クラウド技術の活用/クラウドへの展開 及び利活用

- 「富岳」における電力削減の実績を発展させ、データセンタ施設と連携した省電力機能により高エネルギー効率かつ低カーボン排出を実現。
- スパコンを利用した大規模な学習用データ生成やモデルの大規模学習および推論機能のサポート、システム運用およびユーザサポートの自動化。



- HPC環境のパッケージ化により標準利用ソフト環境の提供（国内外のコミュニティへの共有）。...
- バーチャル富岳(クラウドの「富岳」化)の実績を発展させ、クラウド上に次世代フラッグシステムと同等のソフトウェア環境を展開。



「富岳NEXT」の試験運用段階から、成果が創出されるためには、各分野での「AI for Science」に関する取りまとめを加えた「計算科学ロードマップ」を踏まえつつ、計算基盤の利用側の具体的なニーズを示すとともに、「富岳」での反省点を認識し、アプリケーション・ファーストで、システム設計を推進することが必要。

- 次世代計算基盤を利用した成果の最大化に向けた提言（一部加筆・修正）

## 一般社団法人HPCIコンソーシアム（2024年6月5日）

- ✓ 加速部が加わることを含め、OSやプログラミング言語として標準的なものを採用。
- ✓ システムの概念設計段階での、アプリケーション性能向上するために満たすべき項目を整理して示し、ハードウェア的に実現可能かの検討と詳細設計への反映。
- ✓ システム稼働開始当初からシステム性能を十分に引き出すために必要な、コンパイラを含めたシステムソフトウェアの整備。
- ✓ 演算性能、メモリ性能等の各ハードウェアの特性に対して、どのような制約条件からどのようなトレードオフがあるのかを、できるだけ広い範囲のパラメータに対応した情報開示。
- ✓ 詳細設計でアーキテクチャの特性が取捨選択された際には、トレードオフにおいてどの選択が行われ、何が捨てられたのかの明確化。

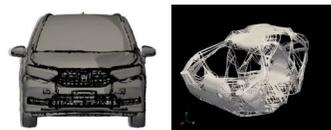


計算科学ロードマップ  
<https://hpcic-kkf.com/>

- 2025年春を目途に協業するベンダーを選定し、基本設計に着手するとともに、コデザインに当たっては、システム検討状況を適時・適切タイミングで、幅広い関係者に必要な情報発信を行い、開発時点からアプリケーションへの対応力を強化。
- 「AI for Science」に関しては、大幅なAI性能向上を達成するシステム技術を活かした数十倍～数百倍のアプリケーションの性能向上の達成や、観測・実験インフラへの融合に必要なリアルタイム性の実現などを意識したコデザインを実施。
- コンパイラやライブラリ等の継続的な整備、業界のデファクトスタンダードなOSSや商用アプリケーション利用環境の構築。

# スーパーコンピュータ「京」「富岳」そして「富岳NEXT」へ

## 計算可能領域の拡張に伴う研究の深化



AIによる自動運転技術の確立  
生成AIによる最適形状の提案  
=>自動車の自動設計へ

AI for Science、グローバル・コモンズ、  
地球規模課題等にも貢献する成果を創出。

### 「富岳NEXT」 CPU + 加速部

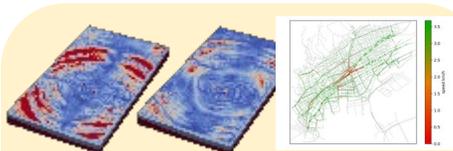
メモリ革新等による  
さらなる計算性能の革新  
AI性能は「富岳」  
の百倍程度以上

コデザイン  
アプリケーション・ファースト  
により、アプリケーション性能が  
「京」から約70倍に



「富岳」: CPU  
電力効率が56倍に

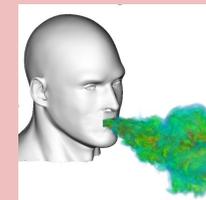
さらに「富岳」では計算可能領域の拡張によって、実生活や産業に活用され、社会実装につながる成果が創出された。



「京」の1000倍以上の規模の計算が可能に。災害時の帰宅困難者のシミュレーションに活用（2024.1.17 動画配信（神戸市・NTTドコモ））。



[https://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownama\\_suigai/jma\\_suigai.html](https://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownama_suigai/jma_suigai.html)  
気象庁が府県単位での線状降水帯による大雨の半日程度前からの呼びかけを開始（2024.5.28）。

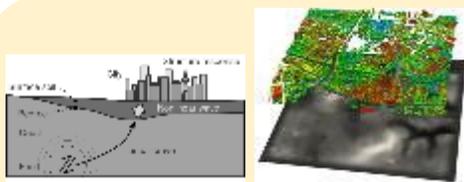


自動車空力の成果を直ちにウイルス飛沫感染予測に応用。世界の行動変容を促し、社会に大きなインパクト。

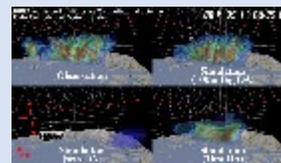
「京」にて、災害、降水予報、自動車空力のシミュレーションで世界初・世界トップの成果創出。



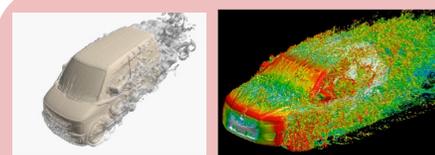
「京」: CPU



地盤振動問題を解き、ゴードン・ベル賞ファイナリストに選出  
災害



世界初となる30秒更新10分後までの降水予報を開始。  
降水予報



高解像度による自動車の風洞実験の代替。  
自動車空力

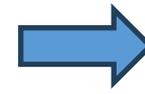
# スーパーコンピュータ「京」から「富岳」「富岳NEXT」への進展



京  
K computer



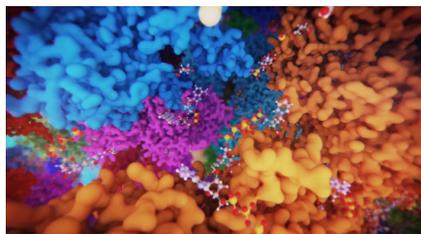
富岳



2030年ごろ

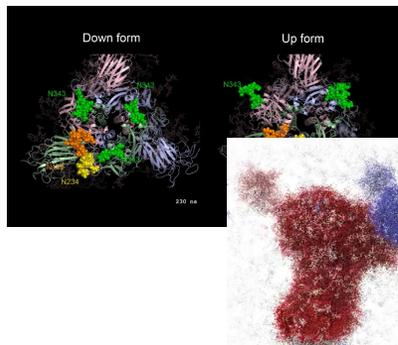
「富岳NEXT」

## 細胞内分子動態シミュレーション

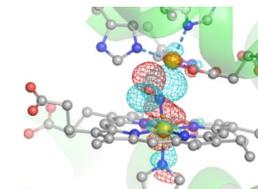


全原子分子動力学  
計算の高速化  
(100倍以上)

長時間ダイナミクスと細胞機能  
マルチスケールモデルの利用



マシンとアルゴリズムの  
並行進化(粗子化)  
数十倍以上加速



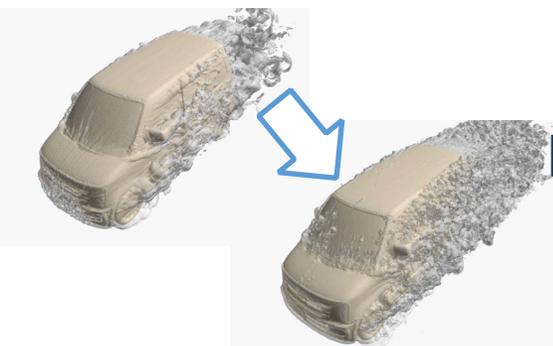
電子状態を考慮した  
ダイナミクスが可能に

生体デジタルツイン  
抗体創薬など

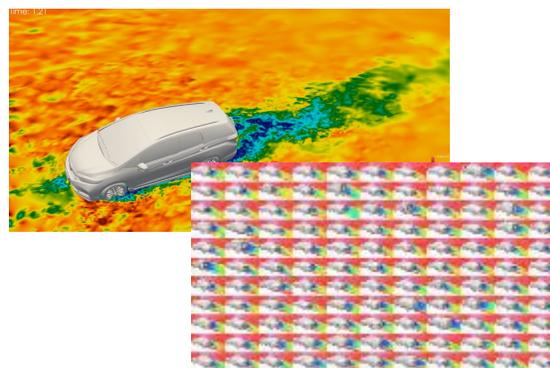
「京」では1億原子系の短い時間  
のダイナミクスが実現

「富岳」ではさらに大きな系の  
長時間ダイナミクスが可能に

## 自動車空力



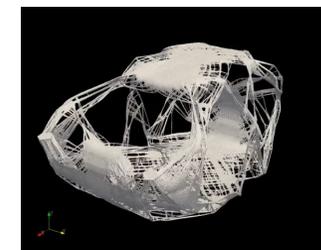
高解像度LESによる風洞代替など  
基礎研究



デジタルツイン (上)  
AI支援多目的最適化 (下)  
による自動車設計の期間短縮



AIによる自動運転技術の確立  
生成AIによる最適形状の提案  
などによる自動車設計の自動化



# スーパーコンピュータ「京」から「富岳」「富岳NEXT」への進展



京  
K computer



富岳



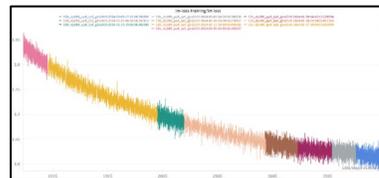
2030年ごろ

「富岳NEXT」

## Fugaku LLM (130億パラメタ)

対象モデル	学習可能Token数
13B Transformerモデル	230B トークン

Fugaku LLMの事前学習に、およそ**“10~15年”**要する



Fugaku LLMの事前学習を、富岳の1/11の規模の利用で**“1ヶ月強”**で完了



<https://portal.research.global.fujitsu.com/>

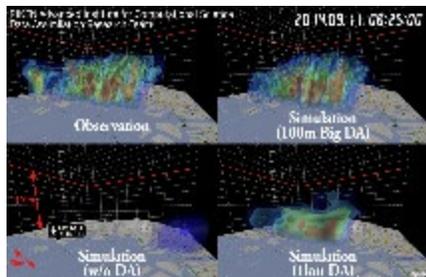
Fujitsu Research Portalで無償利用可能

米国SambaNova社も商用基盤で提供

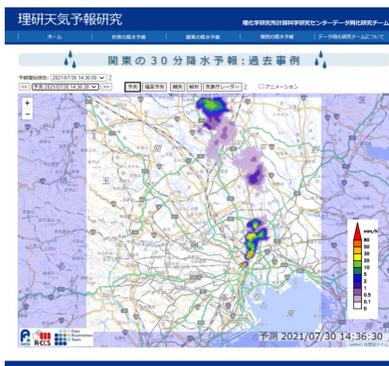
最先端の～兆級パラメタの基盤モデルの事前学習を**2か月以下**で完了

AI for Science加速によるイノベーションサイクルの劇的進化

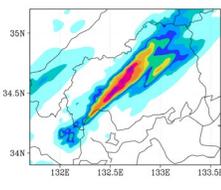
## 気候・気象



「京」を用いたゲリラ豪雨予報手法の開発

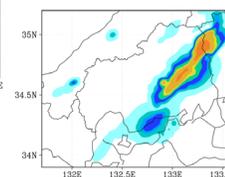


2021年東京オリンピック・パラリンピック期間中「富岳」による**リアルタイムゲリラ豪雨予報（世界初）**



制御あり

制御なし

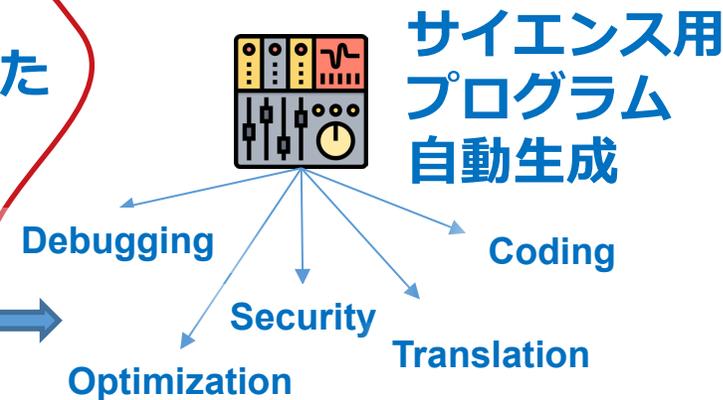
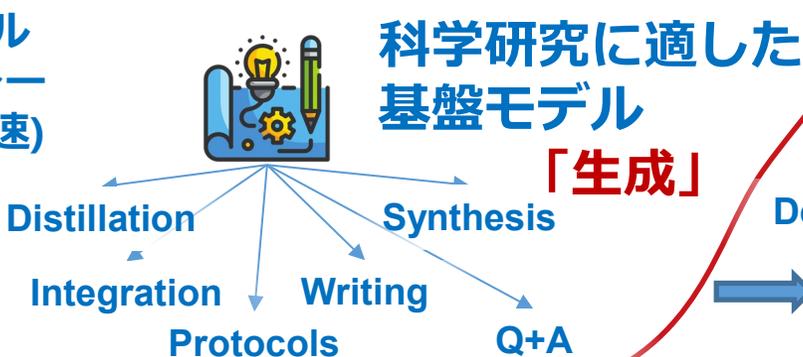
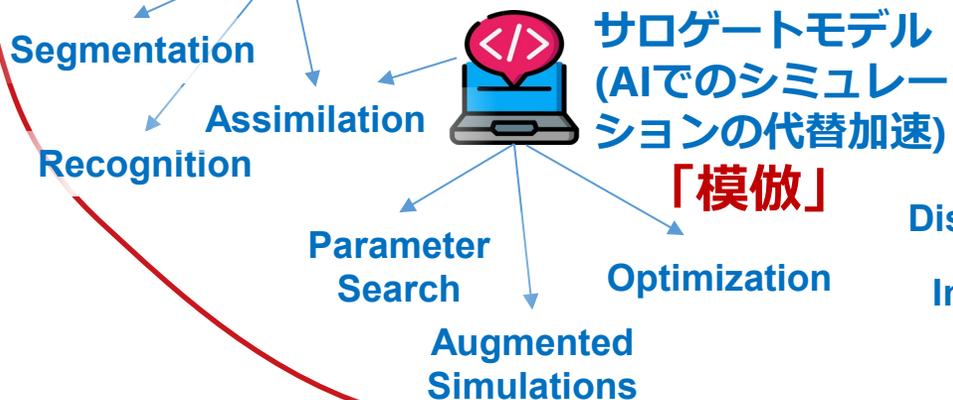


地球規模の気候危機の解決

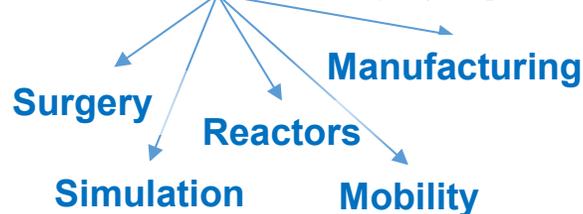
社会や都市のデジタルツインやAIとの融合により、政策の仮想試行および提言へ

大規模観測  
データ処理  
モデル **「認識」**

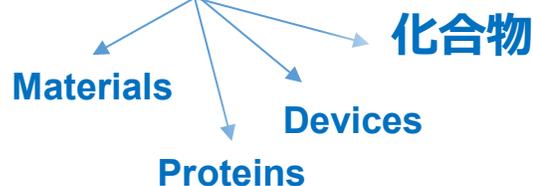
学習（推論も）にスパコンを要する  
大規模モデル **「重いAI」**



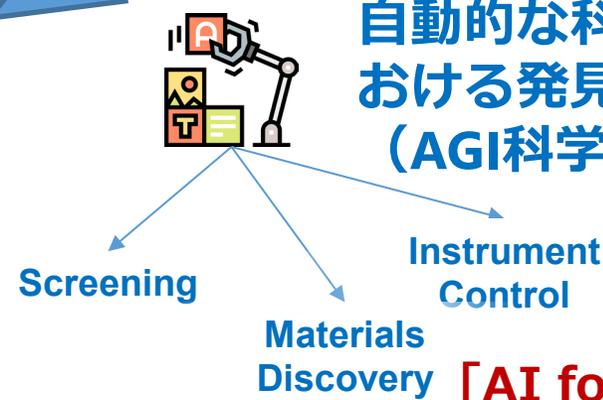
複雑な科学実験  
システムやスパコン  
のデジタルツインの  
モデル化・制御



AIによる科学  
における生成・  
デザイン



基盤モデルによる  
自動的な科学に  
おける発見  
(AGI科学者)



**「AI for Science」  
の究極目標**

## ～ 大規模デジタルツイン技術とAIの融合による科学研究の自動化 ～

- 「富岳NEXT」によるAI処理の加速（データ生成・転送、モデル学習・推論）

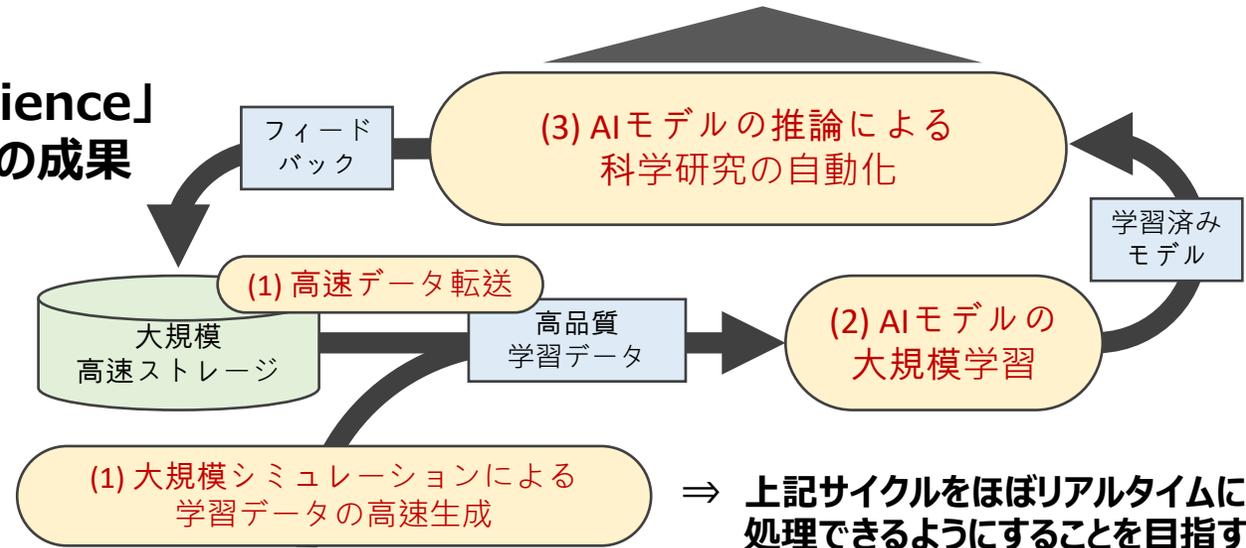
- (1) データ生成・転送： 大規模シミュレーション（デジタルツイン技術）による学習データの高速生成と、蓄積・測定された多様な科学データの高速転送
- (2) モデル学習： AIモデルの大規模学習
- (3) モデル推論： AIモデルの推論による科学実験・観測の自動化

⇒これらすべての処理の加速において「富岳NEXT」が必須



- AI処理の加速とシミュレーションとの融合による「AI for Science」の飛躍的な進化（TRIP-AGISプログラムで得られる最新の成果や知見を取り込んだ世界最先端の環境の実現）

- シミュレーションプログラムの自動生成と観測・実験の自動化（高いリアルタイム性の実現、先進的な観測・実験インフラとの融合等）
- 実験結果の自動データ解析とそれに基づく実験条件の提案
- AI自身の精度の向上のための自動強化学習・自己修正
- その他：文献レビューや情報抽出、プロジェクト管理と効率化、報告書生成の自動化等



理研主導の「富岳NEXT」による「AI for Science」の進化  
自動化による科学研究の“飛躍的”な加速

## 最終取りまとめによる提言に対する対応

「京」から「富岳」への移行時のようなシステムの入替えによる「端境期」を極力生じさせず、利用環境を維持する。

- 新旧システムの稼働時期をオーバーラップさせることで、世界最高水準の計算性能と計算資源量の継続的かつ安定的な提供が可能となり、計算科学の研究開発サイクルを途切れなく回すことで成果創出を加速。

最新の技術動向に対応するために適時・柔軟にシステムを入替え又は拡張可能とし、進化し続けるシステムとする。

- 近接施設での一体整備・運用により、既存の運用体制・施設と共通化できる部分が多く効率化できるほか、最新設備へのアップグレードも容易となり高エネルギー効率かつ低カーボン排出のデータセンタ運用が可能。
- 技術の評価・研究開発を継続的に実施することで、将来のニーズや最新の技術動向のキャッチアップが可能（半導体産業をはじめとする国内企業の製造技術の成熟状況も随時見極め、我が国の産業発展にへの貢献を検討しつつ、導入・調達する技術を検討）。

設置環境及び運用については、システム設計段階から、将来の運用方法やコストを意識した議論を進めつつ、そのための技術的な課題克服に向けては、既存の「富岳」関連施設を最大限、活用するとともに、設備の改良や、施設の増強を行うのが、合理的かつ経済的。



## 次世代計算基盤をめぐる状況認識



- デジタルツイン（シミュレーション）とAI、両者において世界最高水準の性能を達成するフラッグシップシステムを構築することが、社会、産業、科学技術イノベーションの発展の鍵。
  - ✓ 米国では、エネルギー省の支援によるフロンティアをはじめとするエクサスケールの新たなスーパーコンピュータの開発・整備が進展。
  - ✓ スーパーコンピュータによる「AI for Science」は、サイエンスを根本的に変革。
- シミュレーションとAIとが密に連携して処理が行えるシステムを構築することこそが、我が国の科学技術・イノベーションが世界をリードするために必要不可欠と認識。
- また、そのシステムはスーパーコンピュータ「富岳」と同様に、「アプリケーション・ファースト」で整備されることが必要。

- 計算資源に対するニーズは年々、高まっており、世界最先端の次世代計算基盤を国内に持つことは、得られた成果のさまざまな産業分野への展開や、我が国の産業を発展させ、人類が直面する社会課題の解決に直結。
- 「富岳NEXT」の開発、そこから生まれる成果や技術等をコアに、国際連携による国際市場展開と海外投資の呼び込みにより、我が国の情報産業の戦略的不可欠性・自律性を確保（Made with Japan）。
- 有事における我が国の社会インフラストラクチャーとしての位置付け（国内基盤の重要性）。

## 次世代計算基盤は我が国の重要な技術基盤／インフラストラクチャーであり 我が国の情報産業の再興の原動力となりうるもの

- 科学技術イノベーション政策はもちろんのこと、我が国で進める産業施策（情報産業政策／半導体戦略等）を意識しつつ、我が国のキー・インフラストラクチャーとして継続的に開発／運用し、そこから得られる成果・技術等によりアカデミアや産業界に裨益する付加価値／優位性の最大化を目指す。
- 新型コロナウイルス等新型感染症の拡大や地震災害など有事が起きた際の復旧／対策／再生の検討にあたり、他国に頼らず、独自に、速やかに活用可能な社会インフラストラクチャーとしての機能を果たす。

# 参考資料

- AIの隆盛によりHPC技術はビジネス・安全保障面で最重要要素の一つ
- 国内技術・人材と海外技術・人材の連携によるプロジェクトを推進
- 日米協力の劇的な深化踏まえた協業体制  
(文部科学省-米国エネルギー省 (DOE) 間連携)

## 「AI for Science」をリードする理研-米国アルゴンヌ研究所 (ANL) 連携の基盤を活用

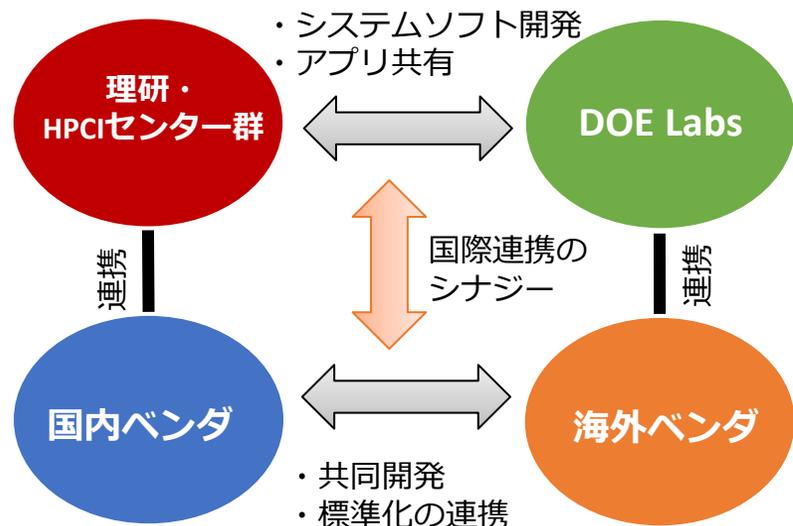
文科省-DOE連携ワークショップ (2023年2月8日)



文科省-DOE連携のPAの署名 (2024年4月9日)



今回の改訂で協力範囲を拡大



OHPCシステム  
ソフトウェア  
(~2024.4.8まで  
の協力範囲)

+

○ AI for Science  
○ HPCデバイス/  
アーキテクチャ  
○ アプリケーション

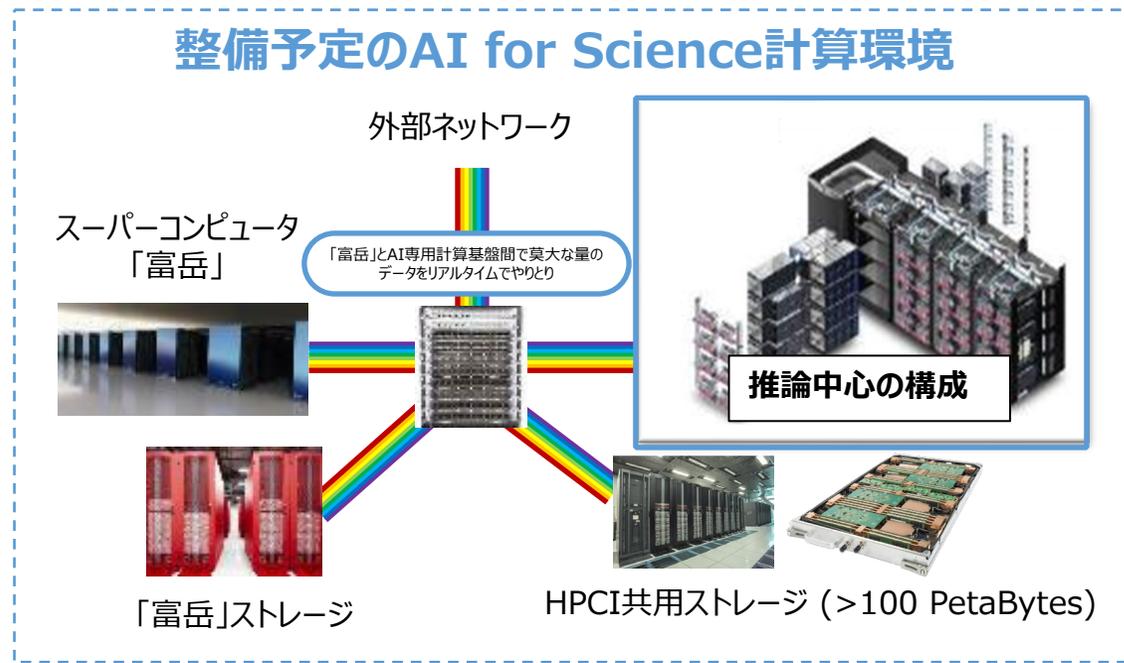
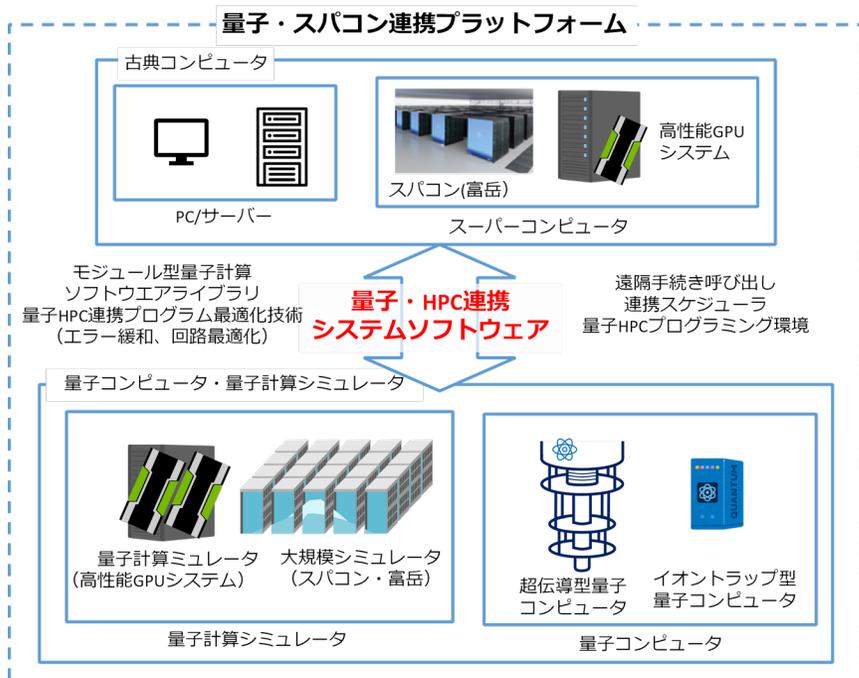
国内の技術力強化と国際的に通用できる人材強化へ

## ● 量子-HPC連携プラットフォームの構築

- 計算可能領域の拡張を目指すTRIP構想の一環として、計算科学研究センターを中心に、量子コンピュータと「富岳」等HPCを連携させる汎用的なソフトウェアを開発し、「**量子・HPC連携プラットフォーム**」を構築する。2023年度に外部資金を得て研究開発を加速。

## ● TRIP-AGIS: 科学研究向け基盤モデルの開発／共用

- 多様な分野の**科学研究の革新**を目指し、科学研究データの追加学習（マルチモーダル化）によりドメイン指向の科学研究向け基盤モデルを開発するプロジェクト。計算科学研究センターは、計算環境の整備・運用、ハードウェア・ソフトウェア開発を主導し「**革新的な計算基盤の開拓**」を推進。



これらの取り組みも踏まえつつ「富岳NEXT」の開発／整備へ