

# 2025年度「富岳NEXT」プロジェクト ワークショップ ～「富岳NEXT」の開発状況及びアプリ開発者との意見交換～ (2026年3月6日)

## ～富岳NEXTの開発状況について～ 開発環境の紹介：システムソフトウェア

佐藤 賢斗

理化学研究所 計算科学研究センター  
「富岳NEXT」プロジェクト システムソフトウェアエリア エリアリーダー

「次世代計算基盤に関する報告書 最終取りまとめ」および、次世代計算基盤に係る調査研究事業 システム研究調査チーム（理研チーム）の調査結果をもとに、富岳NEXT システムソフトウェアエリアに関する情報をまとめた資料になります。本資料は、2026年3月6日時点での情報共有を目的としており、今後の検討状況に伴い、一部変更の可能性がございます。

# 「富岳NEXT」システムソフトエリア対象とするソフトウェア群

- システムソフトウェアとは、計算機ハードウェアの性能を最大限に引き出し、科学技術計算やAIなどのアプリケーション開発を効率化し、計算機の運用を最適化するためのソフトウェア群を指す。



HPC向けのプログラム開発を支援するソフトウェア群 (コンパイラ、フレームワーク、デバッガ、プロファイラ/トレサ)。高速かつ効率的なアプリケーション開発に必要。

対象とするハードウェア向けに事前に高速化や最適化されたプログラム群 (行列演算, FFT等)。数値計算ライブラリを活用することで、開発コストを軽減し、ハードウェア性能を効率的に引き出すことができる。

計算ノード間でデータを高速に送受信するためのプログラム群。アプリケーションを並列に実行するために不可欠。

機械/深層学習の実装を支援するプログラミング環境。AIフレームワークを活用することで、AIモデルの学習・推論を高速に実行し計算資源の有効活用が可能となる。

\* OS・仮想化、スケジューラ、ストレージ・ファイルシステムに、運用管理ソフトウェアについては運用技術エリアで検討

システムソフトウェアは、継続的な機能拡張やメンテナンスのため、**可能な限りオープンソースを採用**し、開発したソフトウェアも**原則としてオープンソースとして公開**することで、**改変や拡張を通じて富岳NEXTやコミュニティの発展に貢献**。また、商用ソフトウェアを導入する場合も、定期的にアップデートされるものを採用。

- **継承・継続的な高度化**：高い互換性と継続的なソフトウェアの進化
  - 「富岳」、「富岳NEXT」テストベットにおける、システムソフトウェア資産・研究成果を可能な限り「富岳NEXT」へ活用しつつ、ユーザが違和感なくシステムおよびアプリケーションを利用でき、また新たな技術を継続的に取り込むことを可能とするシステムソフトウェア開発体制
- **水平展開**：クラウドや国内外の計算基盤へ展開
  - Spack等による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）
  - Open OnDemand（「富岳」のクラウド化）および、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「富岳」、「富岳NEXT」、クラウドにおいて可能な限り同等の実行環境を展開



## プログラミング環境WG

- 富岳上で動いている既存のHPCアプリケーションおよび以下の言語・フレームワーク環境で実装されたプログラムの大半が動作し、開発環境（デバッガ、プロファイラ）も富岳と同等もしくはそれ以上の環境を提供。
  - 言語環境: C/C++, Fortran, Python / GPU向けプログラミングモデル: OpenMP, OpenACC等
- 富岳NEXT以外のGPU環境でも効率よく動作するためのフレームワークをサポート（Kokkos等）

## 数値計算ライブラリ・ミドルウェアWG

- CPU/GPUの性能を最大限活用できる主要な数値計算ライブラリ（BLAS, EVD/SVD, Sparse, FFT, PRNG）の開発・導入
- FP64行列演算エミュレーション技術（OZAKI-Scheme）による低精度演算器を活用することで、高精度演算が必要なアプリケーション向けの数値計算ライブラリを開発。また、行列演算以外のエミュレーション技術や混合精度演算技術の検討

## 通信ライブラリWG

- 既存のプログラミングモデル（MPI・OpenMP・CUDA 等）から、ノード/Pod内部の Scale-up(NVLink) とノード/Pod間の Scale-out (InfiniBand, Ultra Ethernet) という階層的ネットワークを透過的かつ高効率に利用できる通信ミドルウェアを開発

## AIソフトウェアWG

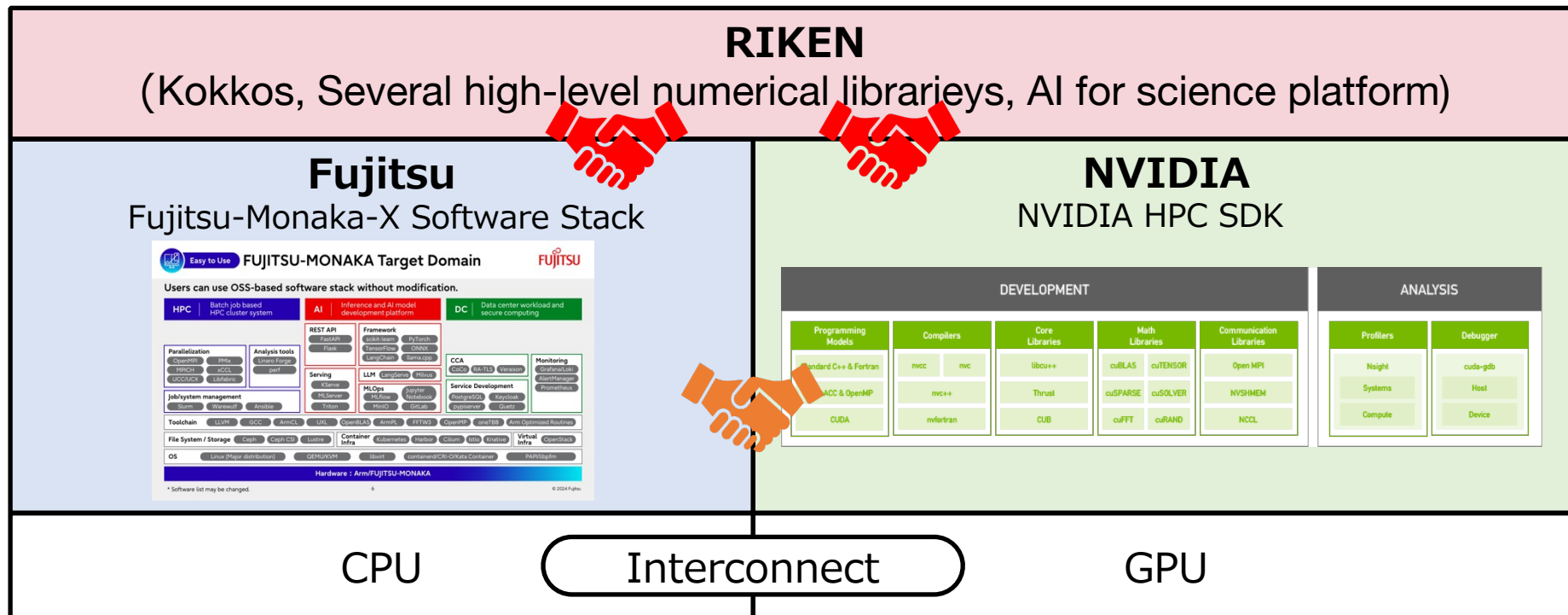
- 個々のAIソフトウェアについては、2030年時点において、ベンダーが開発している商用CPU/GPUで動作するAI関連ソフトウェアは、基本的に富岳NEXTのCPU/GPU環境でも同等の効率性で動作していること
- 個々のAIソフトウェアが独立して動作するだけでなく、それらが有機的に結合し、AIを活用した様々な研究開発（AI for Science 研究）が自動化されるための仕組みづくりやワークフロー開発・試験・導入

- 富士通およびNVIDIAとの連携

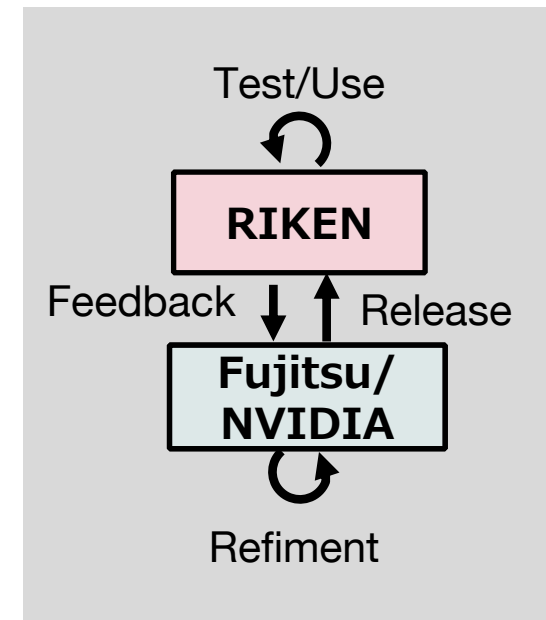
- FUJITSU-MONAKA-X ソフトウェアスタックおよび次世代 NVIDIA GPU向け開発環境 (NVIDIA HPC SDK) を共同開発
- 低位レベルソフト (コンパイラ・ランタイム・ライブラリ) を最適化し、大規模シミュレーション・データ処理、およびそれらのAIとの融合に対応する基本ソフトウェアの開発

- 理研主導による高位レベルのシステムソフトウェア開発

- FUJITSU-MONAKA-X ソフトウェアスタック / NVIDIA HPC SDKの検証およびそれらを利用した高位レベルのシステムソフトウェア開発
- Kokkos等による可搬性の高い開発基盤の整備、高水準数値ライブラリの実装、および通信性能の解析によるネットワークの評価
- コード生成を含む科学実験・シミュレーションの効率化・自動化を実現する AI for Science プラットフォームの開発



## Collaboration loops



# FUJITSU-MONAKA-X+先端NVIDIA GPUが実現するHPC・AI融合

～ 理研主導のシステムソフトウェア設計と国内外連携による協調開発～

**AI for Science および関連プロジェクト** を通じた国際連携による開発。

HPC・AI 分野の基盤ソフトウェアについてHPSF を活用したベンダー中立かつ持続的な開発体制を構築することで、先端 CPU/GPU の性能を最大限に引き出す最適化を国内外の関係機関と連携して推進するとともに、その成果を国際的なソフトウェアエコシステムへ展開することを目指す

## ● アプリ開発者が容易に利用できるためのプログラミング環境および通信ライブラリ

- HPCとAIワークロードの両方を意識した**CPU/GPU向けプログラミング環境**の共同開発
- 国際HPCソフトウェア組織 HPSFへ加入による国際標準の開発フレームワーク環境の推進 (F2Kokkos: Fortran-Kokkos 相互運用ツールの 開発中)
- 大規模HPC・AI アプリのスケラブルな実行を可能にする通信ライブラリの実現 (通信ライブラリベンチマーク環境を整備中)

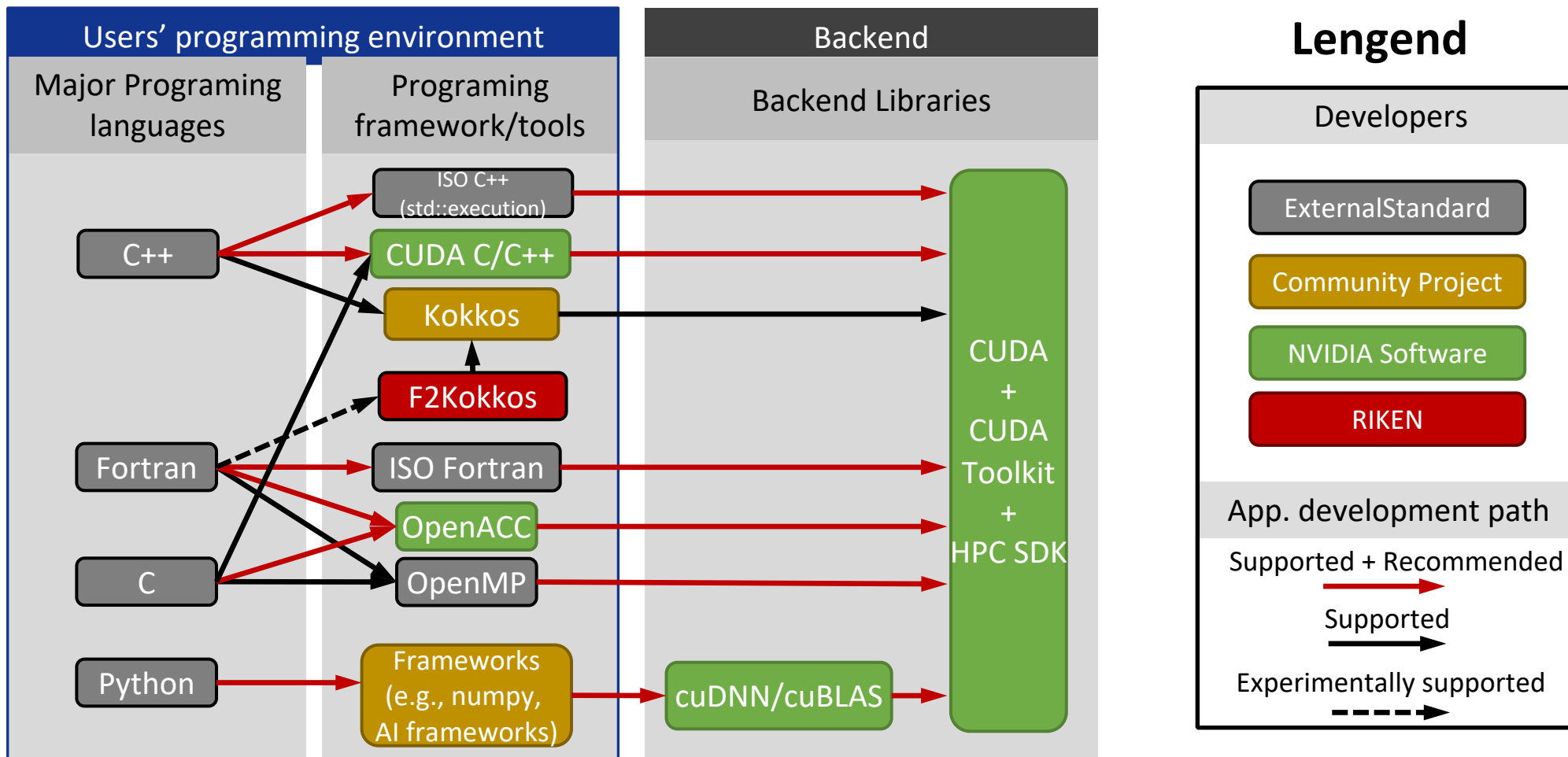


## ● 性能を最大限に引き出すための数値計算ライブラリ・ミドルウェア

- 尾崎スキームに基づく高精度演算エミュレーション技術 や混合精度演算の継続的開発と展開 (**新規エミュレーション機能 [FP8TC ver.等] を随時公開中**)
- **利用実態に基づく優先度付け**によるBLAS, FFT, Sparse Solver 等数値ライブラリの先端CPU/GPU環境向けに最適化も今後実施

## ● HPC・AIの有機的な融合を可能にするAI関連ソフトウェア

- AI for Science 向けAIパイプラインを構築し、自動化・統合運用可能な研究開発環境 (**AI4Sプラットフォームを開発中**)
- コード生成を含むAIEージェントを複合的に統合させ様々な科学ドメインに対応するプラットフォームの形成 (AI Coding環境を整備中)



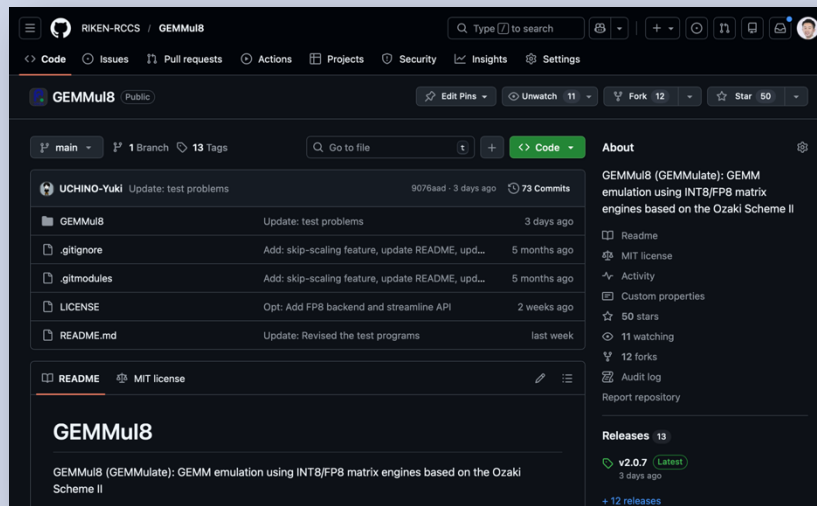
今後も継続的に必要なプログラミング環境を調査し導入を検討するとともに、  
必要なソフトウェア・ツール群については新規に開発

- **OSS化 (→ 開発促進):** ソフトウェア内部の透明性を担保し、また第三者がそのソフトウェアをベースに高度化を行うことによる開発促進
- **既存エコシステムへ展開 (→ 利用促進):** 既存の確立されたエコシステムへ展開することでより容易により多くの方への利用の促進に寄与

## Ozaki-Scheme (FP64エミュレーション技術)のOSS化・エコシステムへの展開の例

### OSS化: 研究開発されたソフトウェアのOSS化

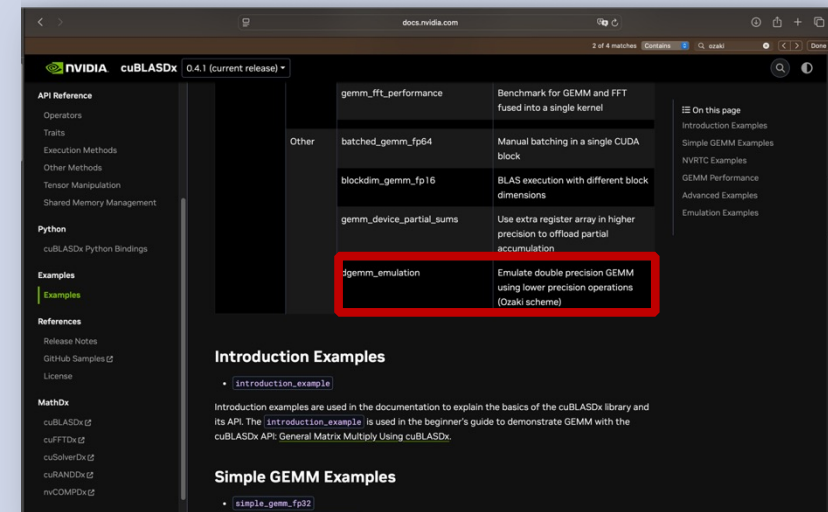
- 関連プロジェクトおよび他機関との連携により様々なシステムソフトウェアの研究開発をしOSS化



RIKEN-RCCS github:  
<https://github.com/RIKEN-RCCS/GEMMu18>

### エコシステムへ展開: CUDAのエコシステムへ展開

- 参画ベンダーや関連コミュニティとの連携を通じて、エコシステムへの展開



NVIDIA cuBLASDx:  
<https://docs.nvidia.com/cuda/cublasdx/examples.html>

今後も各組織と連携し、富岳NEXTにおいて開発される様々なシステムソフトウェアをOSS化、エコシステムへの展開、継続的に高度化を行える体制を構築

- **基本的な共有ライブラリの利用が大半**
  - MPI、OpenMP、Fortran、C++、プロファイラ関連のライブラリ
  - 注記:
    - libfj.so\*: 富士通製ライブラリ
    - libmpg.so: 大規模共有メモリページを扱うライブラリ
    - libelf.so: ELF (Executable and Linkable Format) 形式のファイルへアクセスするためのライブラリ
    - libmpi.so / libmpi.so\*\*: MPI関連ライブラリ

- **利用頻度の高い主要アプリ・ライブラリの明確化**
  - LAPACK
  - GROMACS
  - FFTW
  - ...

→ 優先順位の決定に活用

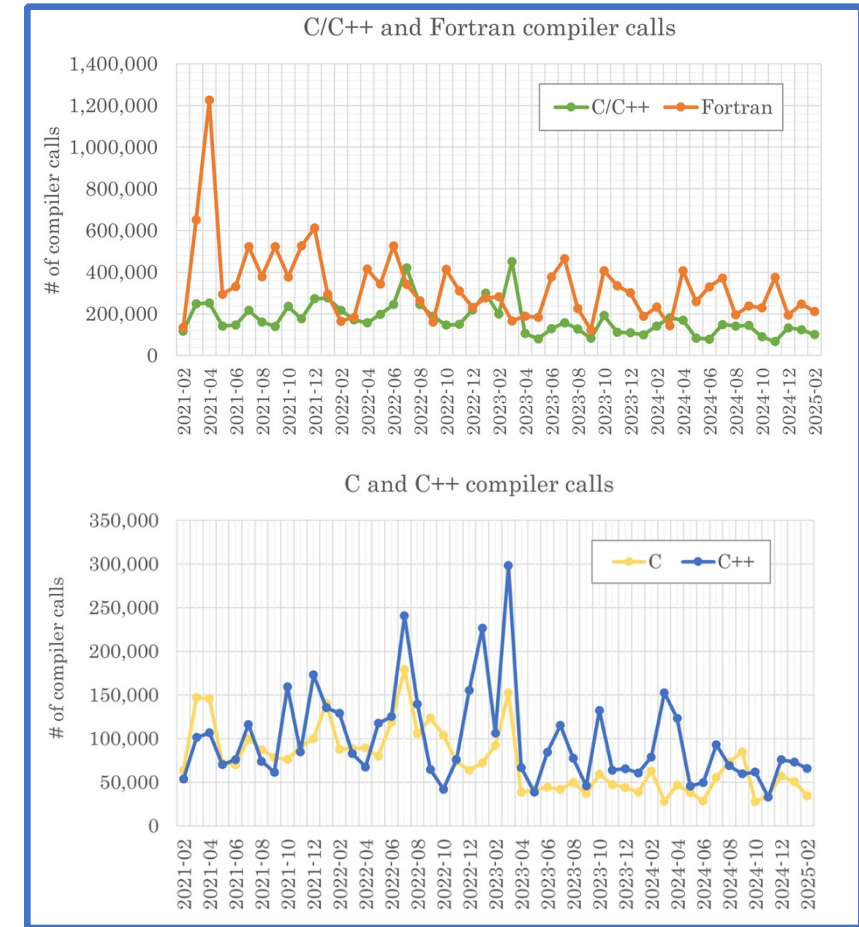
- **Fortranの利用 > C/C++の利用**

→ Fortranコンパイラのサポートの重要性大

MPIジョブの共有ライブラリのロード回数

Rank	Shared library	Count
1	libmpg.so	9,493,441
2	libfjprofcore.so	9,342,392
3	libfjprofomp.so	9,342,392
4	libelf.so	9,339,212
5	libfj90i.so	9,321,471
6	libfj90f.so	9,321,471
7	libfjsrcinfo.so	9,321,150
8	libatomic.so	6,421,803
9	libfjomp.so	5,633,687
10	libfjompchk.so	5,633,197
11	libfjomp.crt.so	5,633,107
12	libmpi_usempi_ignore_tkr.so	5,541,646
13	libmpi_usempif08.so	5,541,378
14	libfjprofmpif.so	5,142,711
15	libmpi_cxx.so	4,757,229
16	libfjprofmpi.so	4,154,245
17	libstdc++.so	3,679,499
18	libfjcrt.so	3,331,647
19	libmpi_mt.so	2,238,543
20	libfjlapacksvs.so	1,856,063
21	libc++.so	1,799,068
22	libc++abi.so	1,799,068
23	libfj90rt.so	1,713,729
24	libgromacs_mpi.so	1,429,380
25	libmpi.so.0	1,185,445
26	libfjc++.so	1,103,723
27	libfjc++abi.so	1,103,676
28	libfftw3.so	1,051,486
29	libfidemgl.so	836,751
30	libfjlapackxsvs.so	763,892

富士通コンパイラの利用頻度

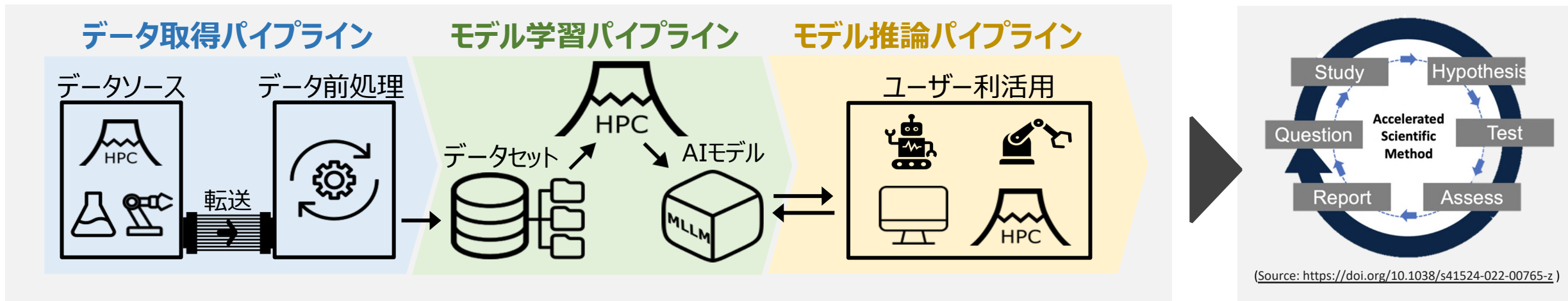


AI for Science システムにおいても継続的にソフトウェア利用の実態をより精緻に調査をし「富岳NEXT」のソフトウェア開発戦略へ随時反映することを検討

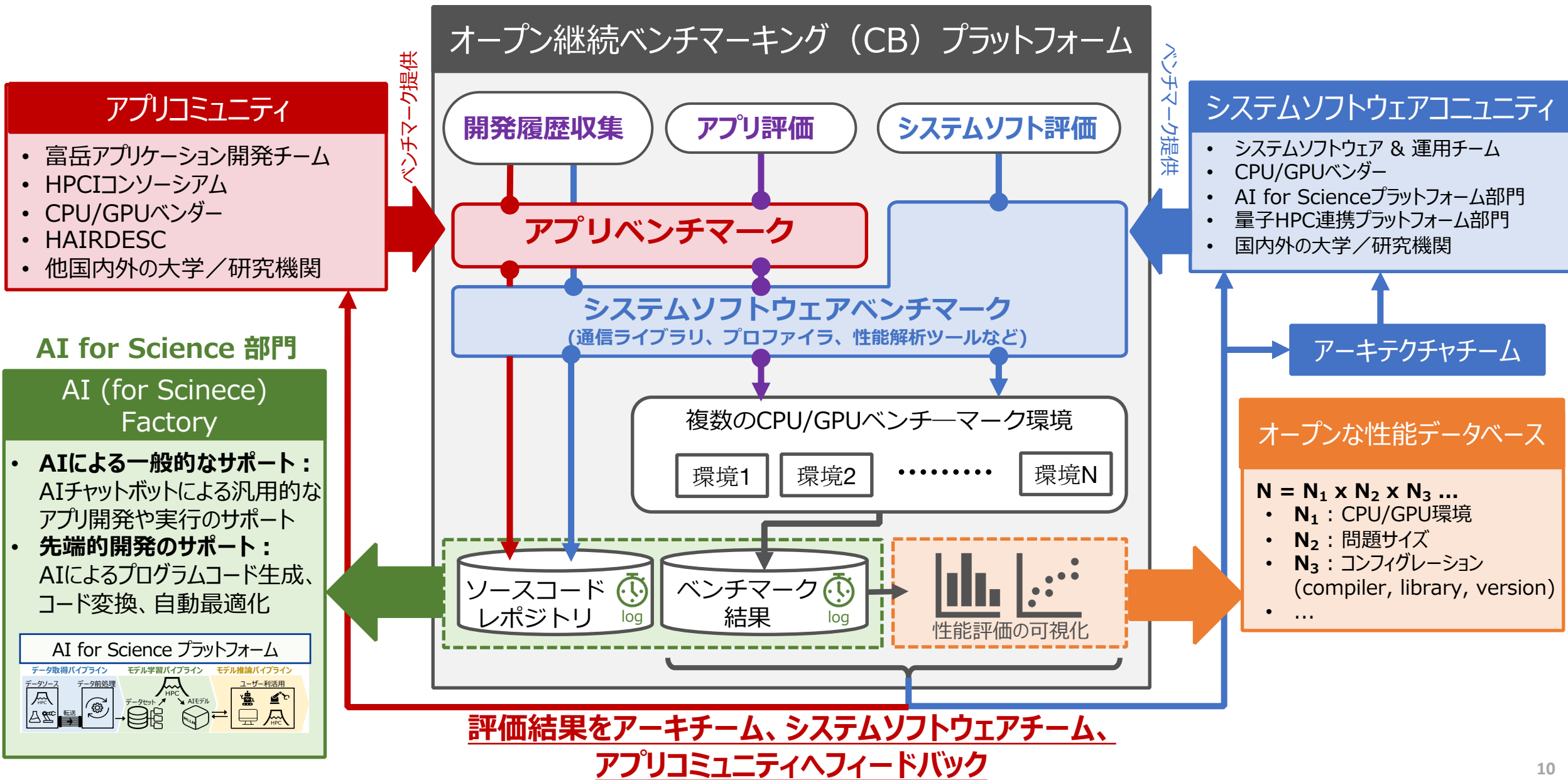
# AI for Science Platform : 大規模シミュレーション、大規模データ処理・AI統合基盤 — 富岳NEXTへの展開

- 「富岳NEXT」のに向けたAIパイプライン (= AI for Science Platform)
  - (1) **データ取得パイプライン** : 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・データ変換
  - (2) **モデル学習パイプライン** : AIモデルの大規模事前学習・追加学習・ファインチューニングによる自律的な高度化
  - (3) **モデル推論パイプライン** : AIモデルの推論を活用した科学実験の効率化・自動化
- AIとシミュレーション・科学実験との融合による「AI for Science」の飛躍的な進化
  - プログラムの対話的生成 (AI Coding) 、観測・実験の自動化、  
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および再実行。

科学実験・シミュレーション  
の効率化・自動化



AI for Science プロジェクトでの研究開発の成果を「富岳NEXT」へ展開し  
大規模シミュレーション、大規模データ処理・AIを複合的に活用可能な基盤を構築を目指す



評価結果をアーキチーム、システムソフトウェアチーム、アプリコミュニティへフィードバック

AI for Science 部門

AI (for Science) Factory

- **AIによる一般的なサポート** : AIチャットボットによる汎用的なアプリ開発や実行のサポート
- **先端的開発のサポート** : AIによるプログラムコード生成、コード変換、自動最適化

AI for Science プラットフォーム

データ取得パイプライン
モデル学習パイプライン
モデル推論パイプライン