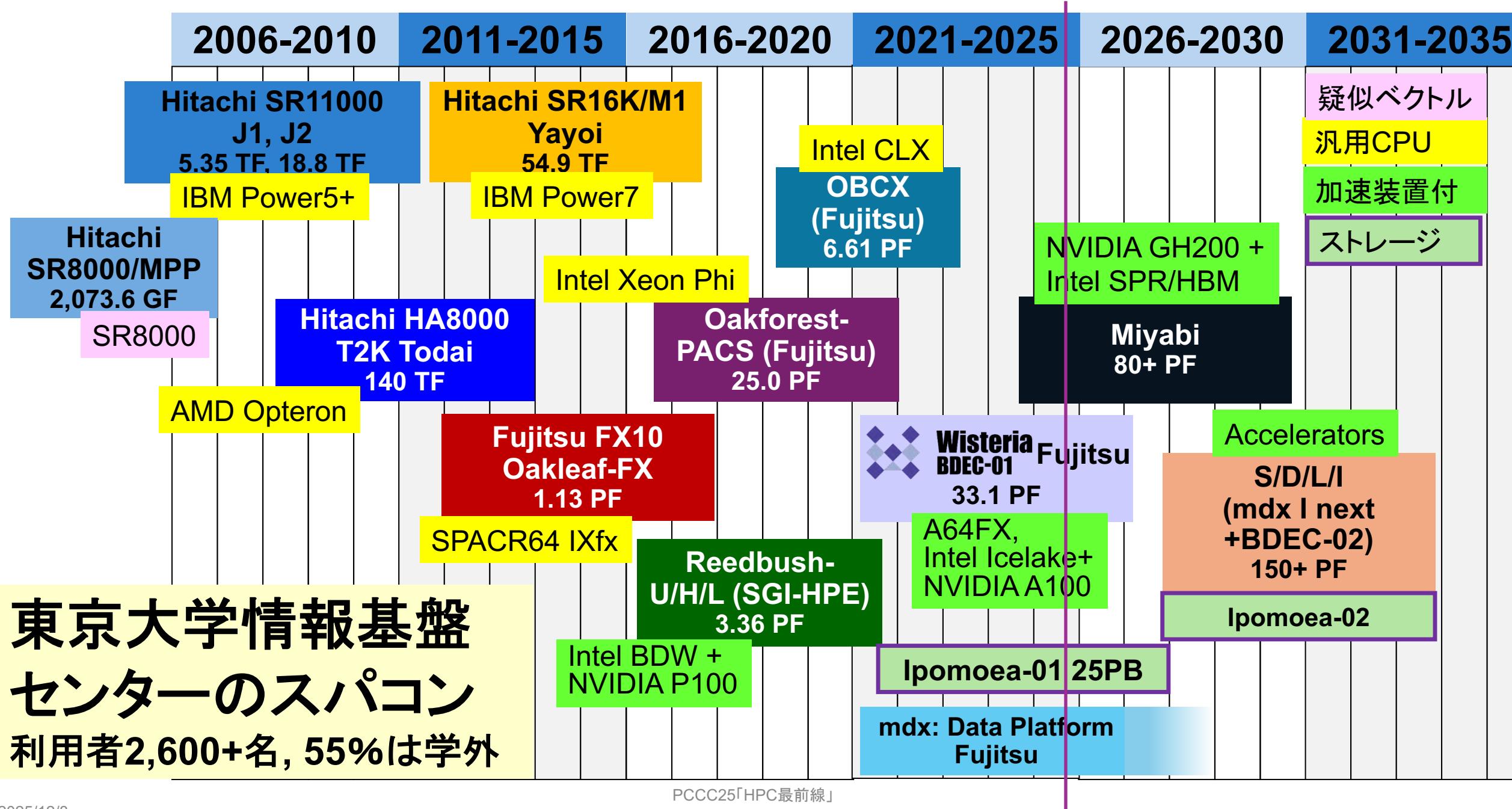


東大情報基盤センターにおける 次世代計算基盤の推進に向けた 取り組み

東京大学 情報基盤センター
スーパーコンピューティング研究部門
塙 敏博



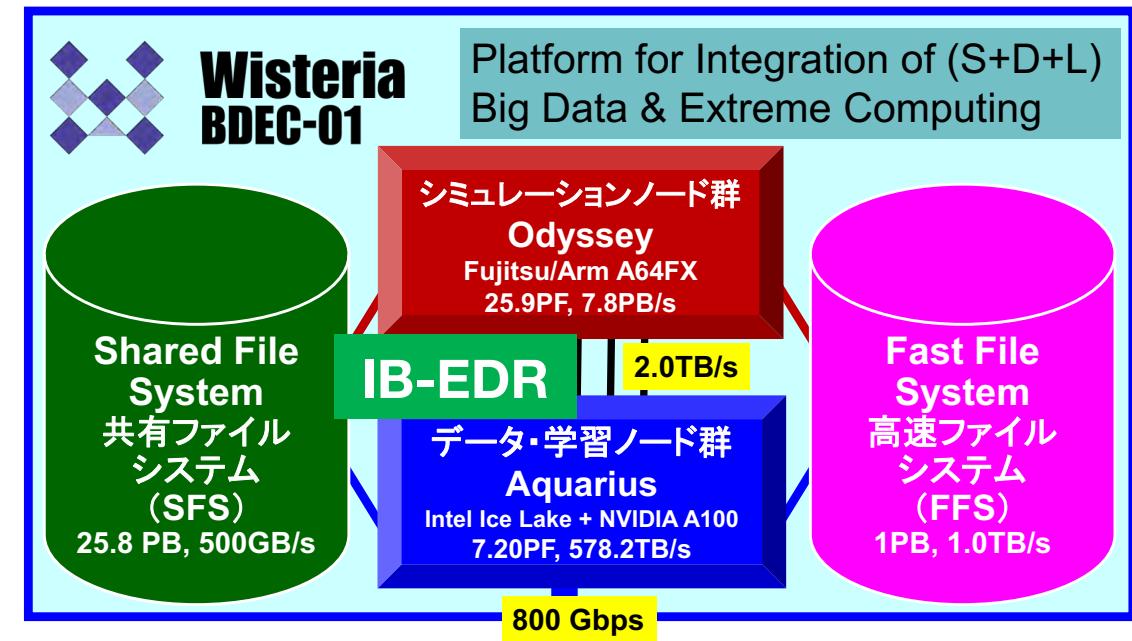
「計算・データ・学習」融合とその先へ (2015-2025)

- 2式の異種結合システム
 - Wisteria/BDEC-01 (2021年5月~)
 - シミュレーションノード: Odyssey, 富士通 A64FX
 - データ学習ノード: Aquarius, NVIDIA A100
 - 78% for Odyssey (CPU)
 - Miyabi (2025年1月~) by JCAHPC
 - Miyabi-G with NVIDIA GH200
 - Miyabi-C with Intel Xeon Max
 - 98% for Miyabi-G (GPU)
- h3-Open-BDEC (2019年6月~ 2024年3月)
- QC-HPC Hybrid Computing (2023年11月~)



「計算・データ・学習」融合とその先へ (2015-2025)

- 2式の異種結合システム
 - Wisteria/BDEC-01 (2021年5月~)
 - シミュレーションノード: Odyssey, 富士通 A64FX
 - データ学習ノード: Aquarius, NVIDIA A100
 - 78% for Odyssey (CPU)
 - Miyabi (2025年1月~) by JCAHPC
 - Miyabi-G with NVIDIA GH200
 - Miyabi-C with Intel Xeon Max
 - 98% for Miyabi-G (GPU)
- h3-Open-BDEC (2019年6月~ 2024年3月)
- QC-HPC Hybrid Computing (2023年11月~)

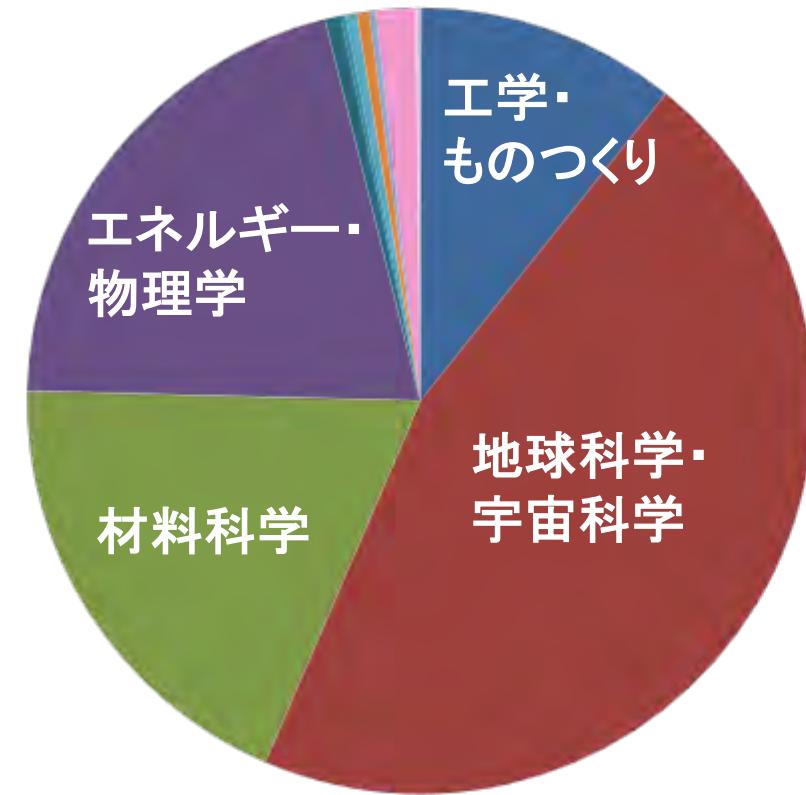


External Network
外部ネットワーク

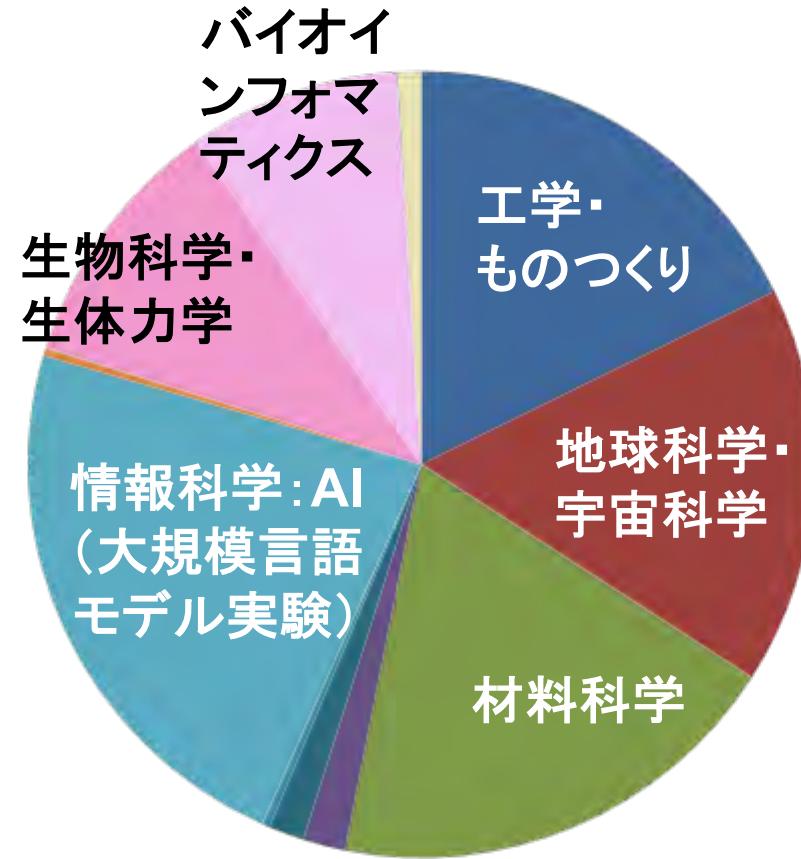
External Resources
外部リソース

2024年度分野別計算資源利用割合

Wisteria/BDEC-01 ■汎用CPU, ■GPU



Odyssey
A64FX
2025/12/8



Aquarius
A100
PCCC25「HPC最前線」

- 工学・ものつくり
- 地球科学・宇宙科学
- 材料科学
- エネルギー・物理学
- 情報科学: システム
- 情報科学: アルゴリズム
- 情報科学: AI
- 教育
- 産業利用
- 生物科学・生体力学
- バイオインフォマティクス
- 社会科学・経済学
- データ科学・データ同化

「計算・データ・学習」融合とその先へ (2015-2025)

IB-NDR(400Gbps)		
IB-NDR200(200)	IB-HDR(200)	
Miyabi-G NVIDIA GH200 1,120 78.2 PF, 5.07 PB/sec	Miyabi-C Intel Xeon Max (HBM2e) 2 x 190 1.3 PF, 608 TB/sec	File System DDN EXA Scaler 11.3 PB, 1.0TB/sec All Flash Storage

- Miyabi (2025年1月～) by JCAHPC
 - Miyabi-G with NVIDIA GH200
 - Miyabi-C with Intel Xeon Max
 - 98% for Miyabi-G (GPU)

- h3-Open-BDEC (2019年6月～ 2024年5月)
- QC-HPC Hybrid Computing
(2023年11月～)

2025/12/8

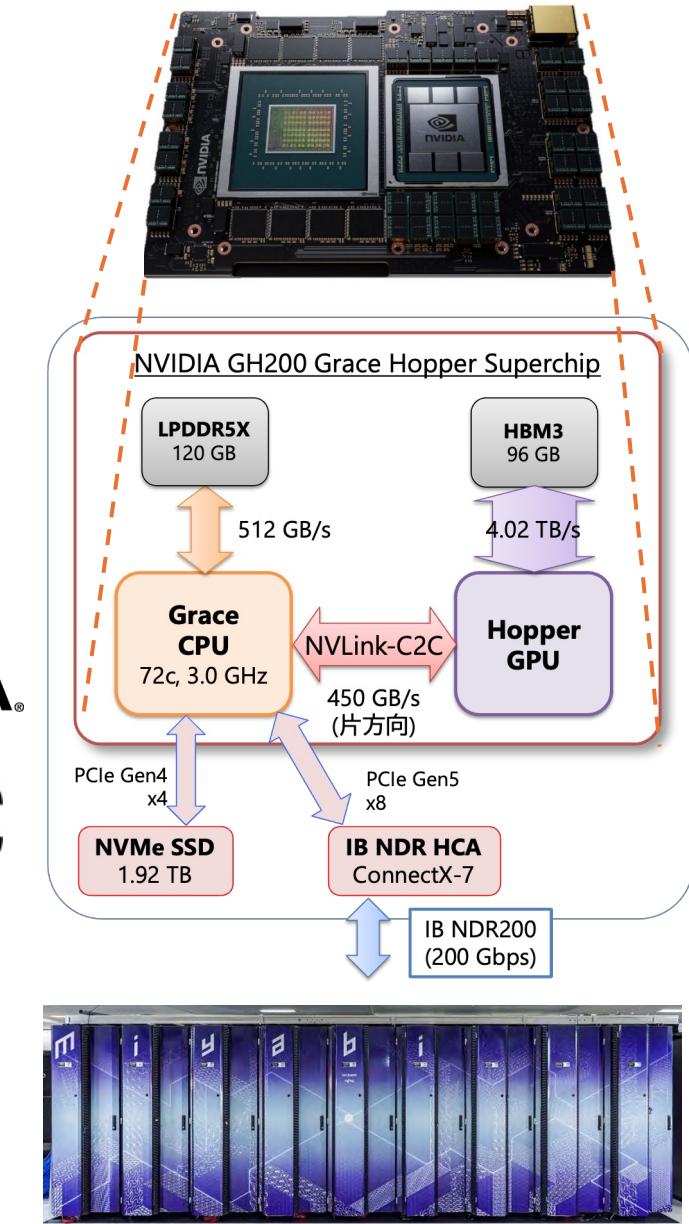


PCCC25「HPC取引所」

FUJITSU

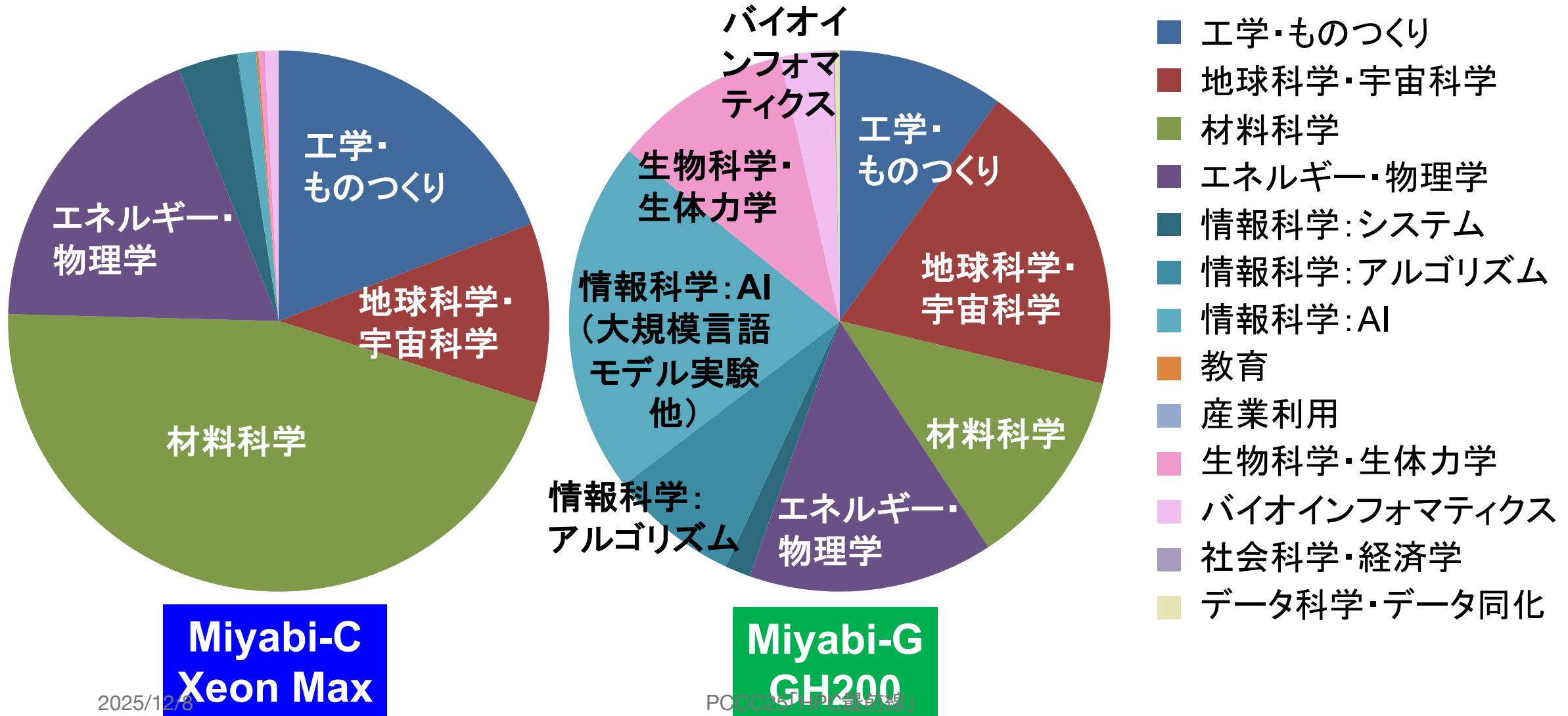
ddn

SUPERMICRO



2025年度分野別計算資源利用割合(4-9月)

Miyabi ■汎用CPU, ■GPU



h3-Open-BDEC

「計算+データ+学習」融合を実現する革新的ソフトウェア基盤

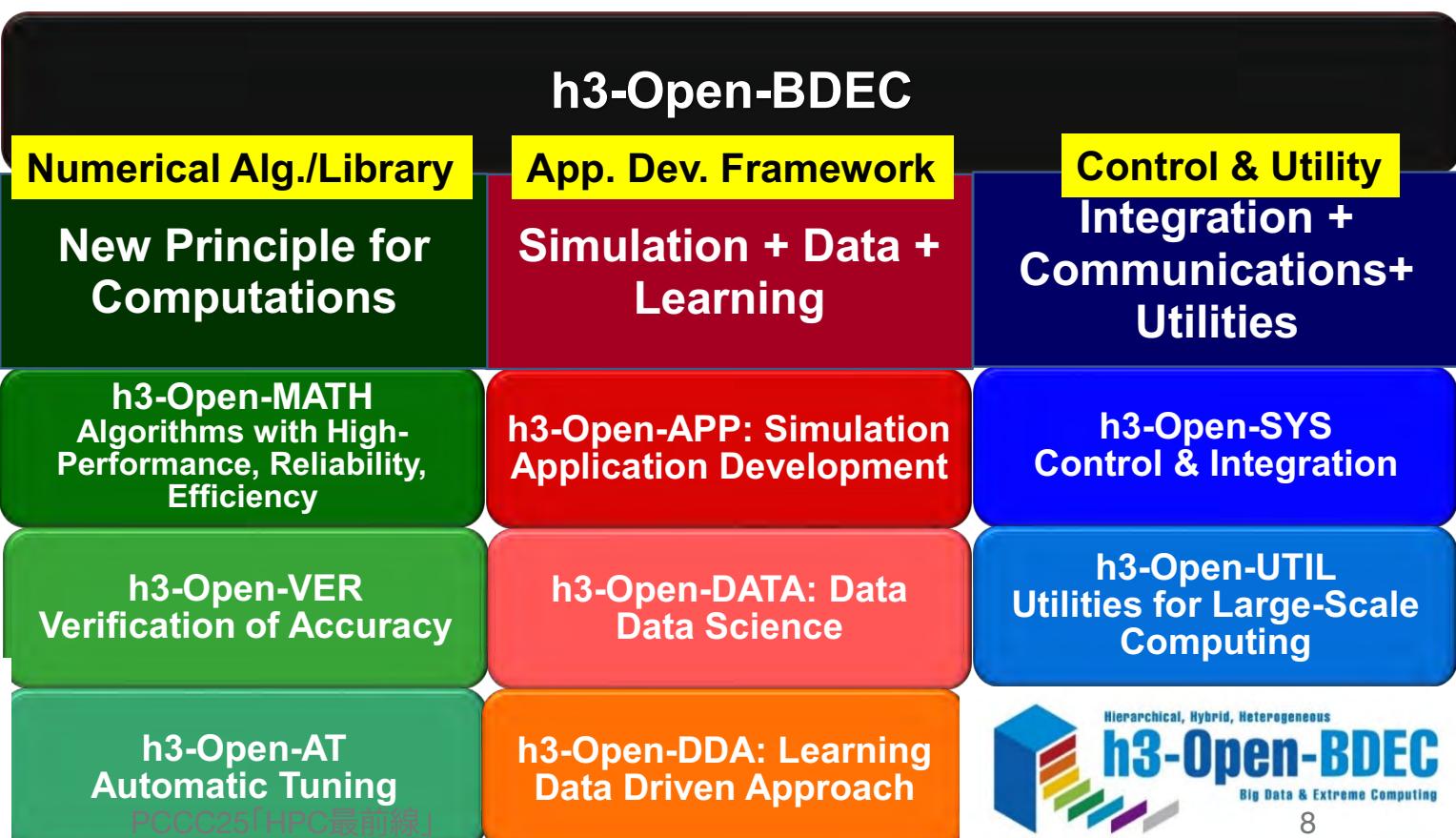
科研費基盤研究(S)(2019年度～23年度, 代表: 中島研吾)

<https://h3-open-bdec.cc.u-tokyo.ac.jp/>

Hierarchical,
Hybrid,
Heterogeneous

Big Data &
Extreme
Computing

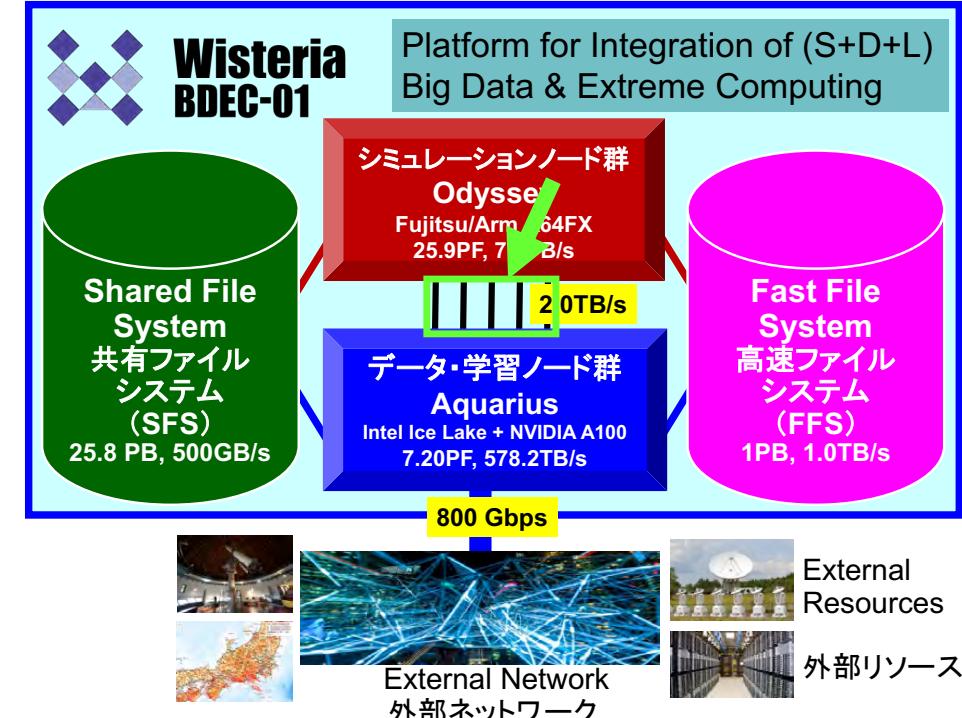
- ① 変動精度演算・精度保証・自動チューニングによる新計算原理に基づく革新的数値解法
- ② 階層型データ駆動アプローチ等に基づく革新的機械学習手法
- ③ ヘテロジニアス環境(e.g. Wisteria/BDEC-01)におけるソフトウェア, ユーティリティ群



(S+D+L)融合の実現へ向けて



- **Odyssey-Aquarius連携**
 - MPIによる通信は不可
 - O-Aを跨いでMPIプログラムは動かない
 - Odyssey-Aquarius間はInfiniband-EDR (2TB/sec)で結合されている
- **ソフトウェア開発**
 - 高機能能力プラ : h3-Open-UTIL/MP
 - O-A間通信 : h3-Open-SYS/WaitIO
 - IB-EDR経由 (WaitIO-Socket)
 - 高速ファイルシステム (FFS) 経由連携 (WaitIO-File)
 - MPIライクなインターフェース



h3-Open-BDEC



QC-HPC Hybrid Computing (1/2)

- h3-Open-BDECによる柔軟な制御
 - QCを加速装置として使う際、QC-HPC連携のためのシステムソフトウェアとして拡張が容易
- **JHPC-quantum (FY.2023-2028)**
 - 理研, Softbank, 東大、大阪大
 - 経産省・NEDOポスト5G関連事業、産業応用への期待
 - 2台の量子コンピュータ(QC)
 - IBM神戸 (IBM Heron, 156 Qbit, 超伝導)
 - 黎明 (Quantinuum, 20 Qbit, イオントラップ)
 - **富岳-QC連携利用: まもなく開始予定**
 - Miyabi-QC連携は進行中

CPU	GPU	Others
A64FX Arm	X86	NVIDIA Intel AMD Arm
 <p>Hierarchical, Hybrid, Heterogeneous h3-Open-BDEC Big Data & Extreme Computing</p>		



IBM Quantum



黎明

QC-HPC Hybrid Computing (2/2)



量子イノベーションイニシアティブ協議会

- QII (量子イノベーションイニシアティブ協議会)@UTokyo

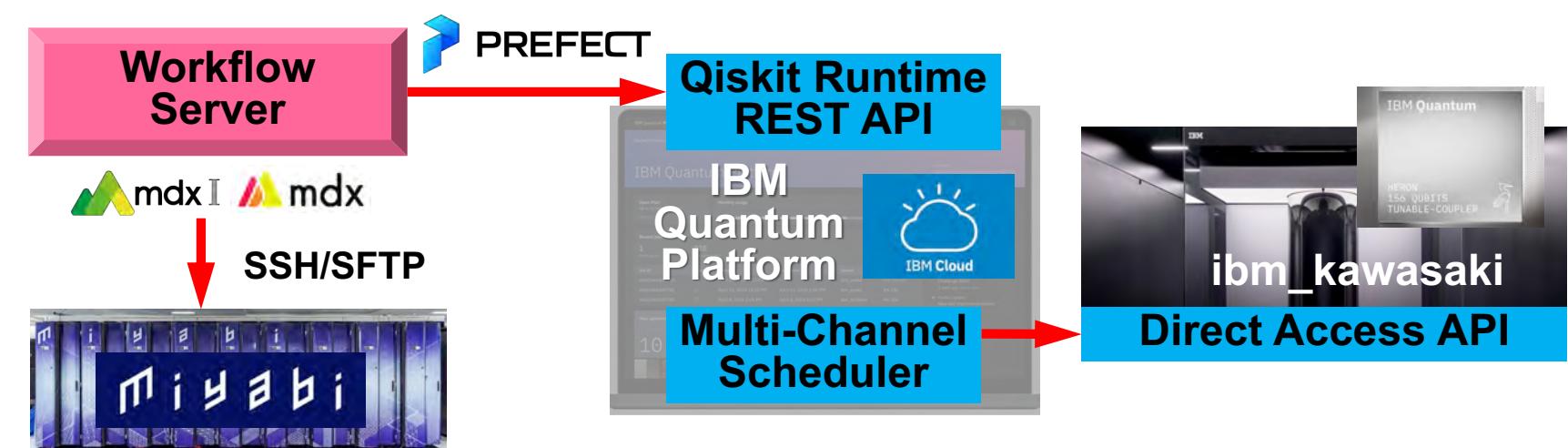
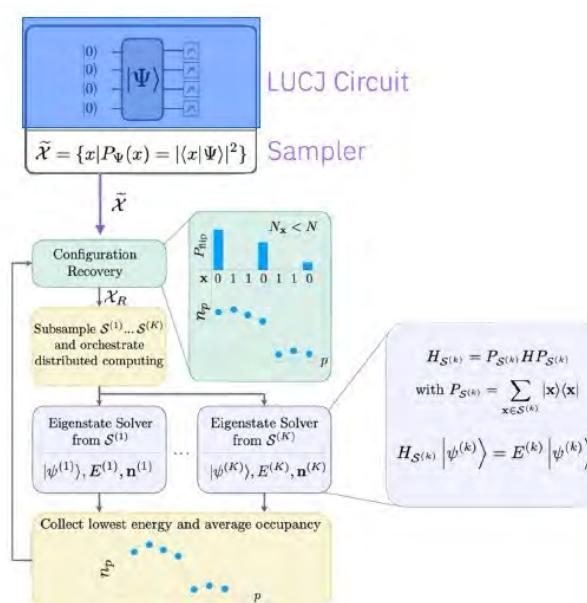
– IBM川崎

- IBM Heron, 156 Qbit, 超伝導

– MiyabiとIBM川崎を接続する QC-HPCサービスは2025年12月に開始

- Miyabiは今年中に, IBM川崎, IBM神戸, Quantinuum和光(黎明)の3つのシステムと接続

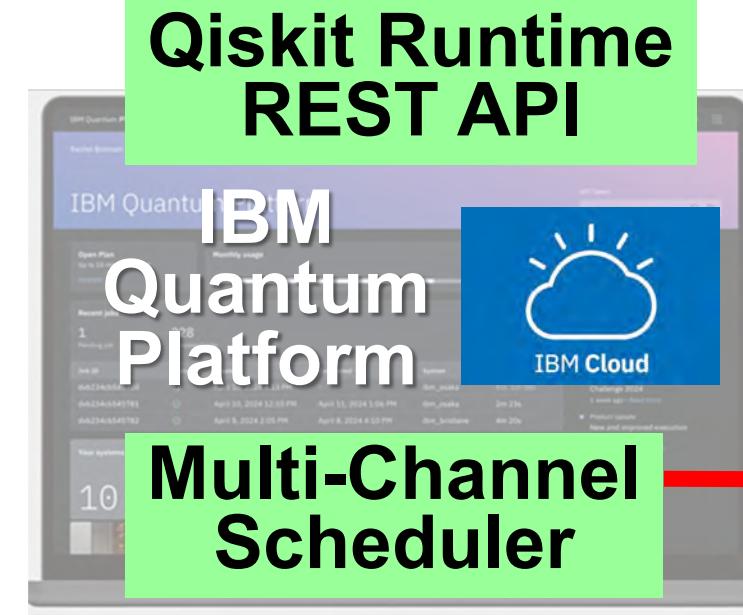
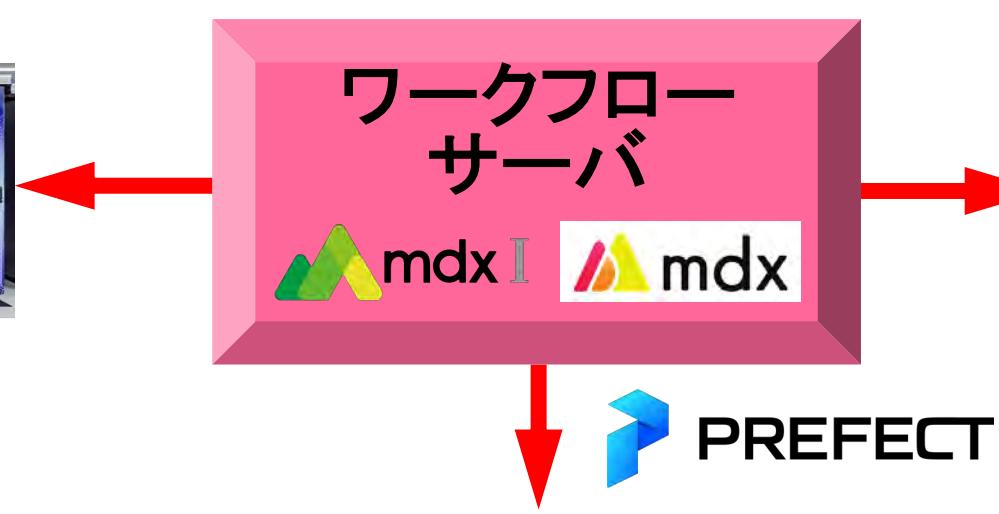
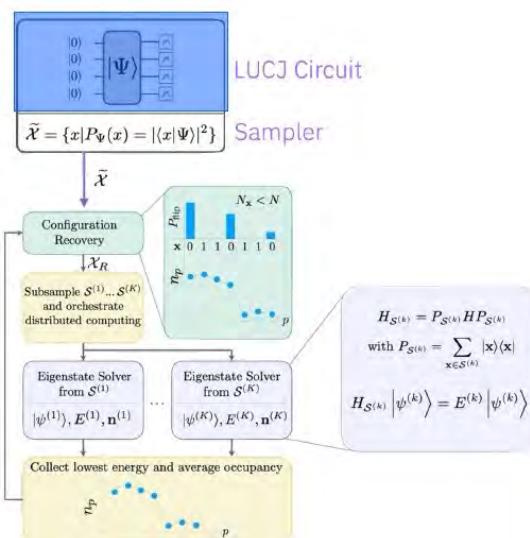
IBM Quantum



wdxを介してMiyabiとIBM川崎のQCを接続

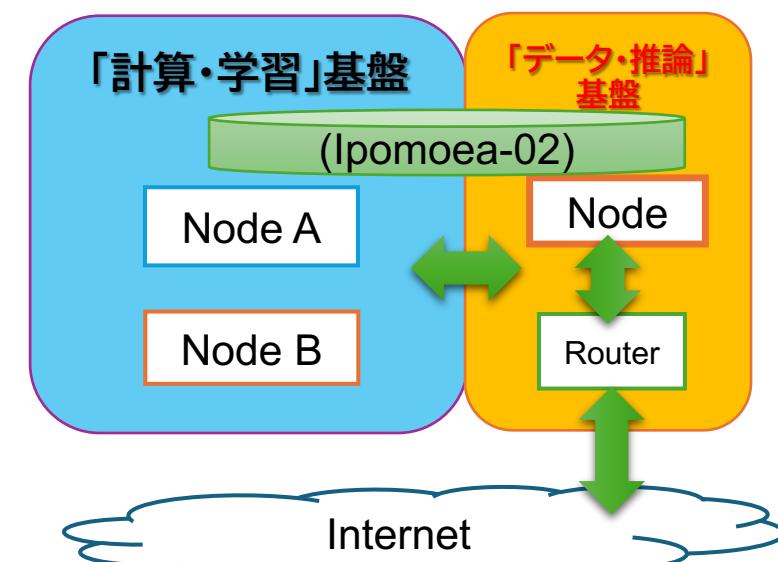
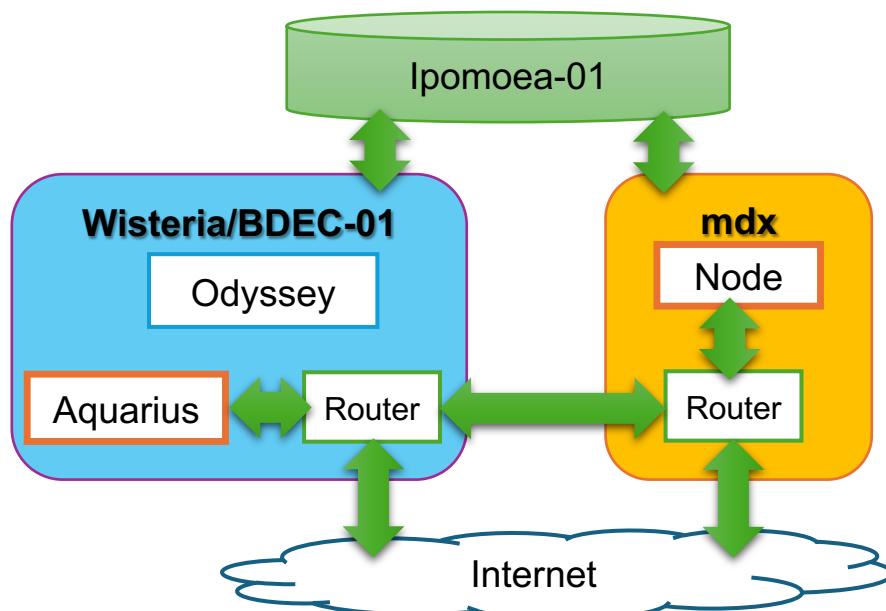


- ログインノード
- 計算ノード
- ストレージ

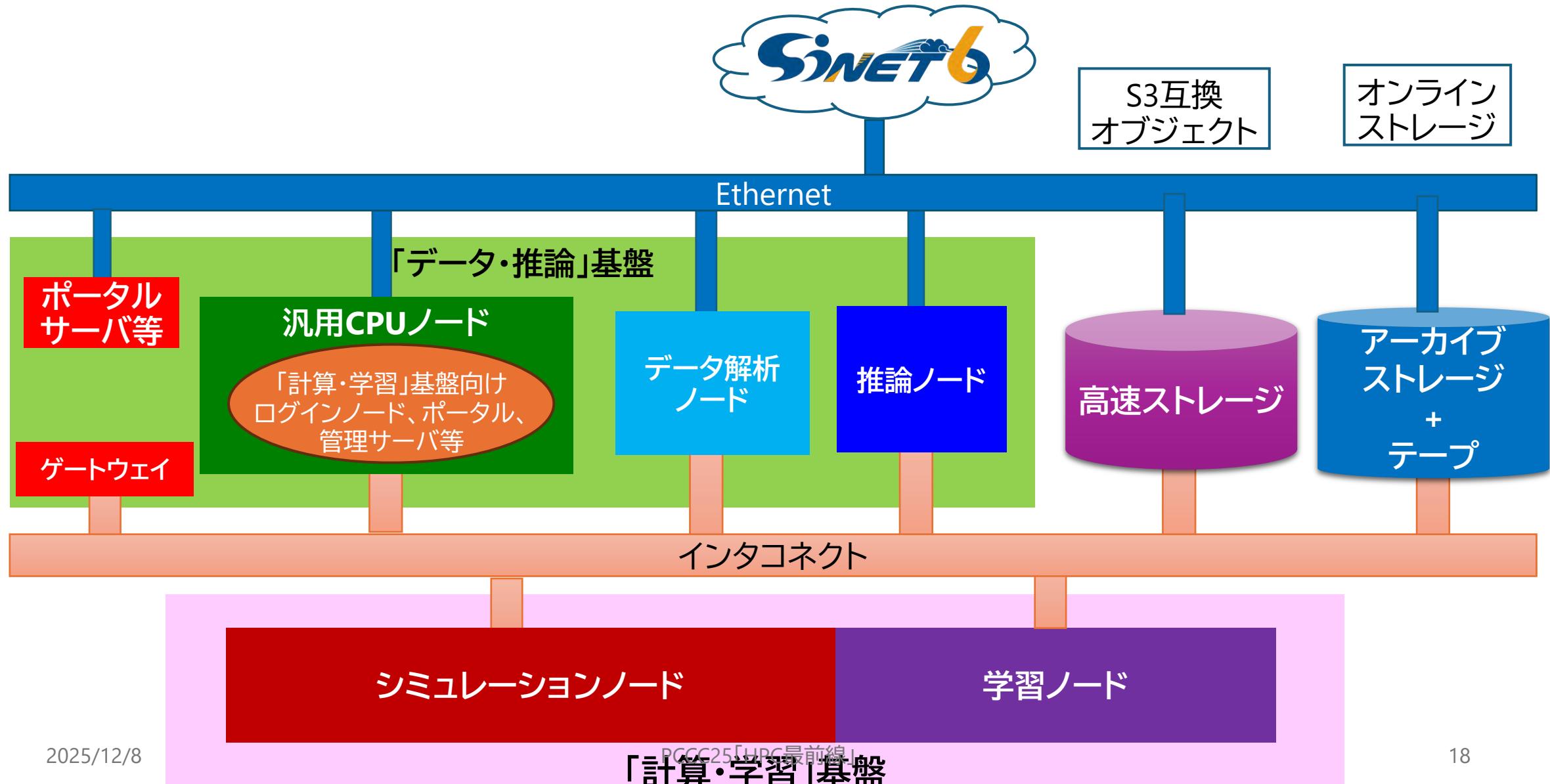


「計算・データ・学習・推論」融合基盤システム コンセプト (S/D/L/I)

- Wisteria/BDEC-01とmdx Iは独立に調達・運用されているが、同じ部屋に設置されている
→ 可能な限り計算資源を共有、冗長な構成を避けコストを削減
 - 大規模共通ストレージ “Ipomoea-01”の更新
- 「推論」の明示的なサポート



「計算・データ・学習・推論」融合基盤システム



「計算・データ・学習・推論」融合基盤システム

- 2027年度中の運用開始を想定

- Wisteria/BDEC-01の運用終了: 2027年5月中旬 (6年間)
- mdxの運用終了: 6年を経過するため2027年度中に更新したい
- Ipomoea-01の運用終了: 2026年度末の時点で6年を経過することになり、更新が急がれる
- 現状で具体的な時期は流動的:
 - ストレージ部分は急ぎたい
 - 計算ノード部分は、GPU等の出荷スケジュールも勘案
- 理論ピーク性能: 150PFLOPS程度 (FP64)

- “AI for Science”に向けた「計算・データ・学習」のリアルタイムな融合

- インタラクティブなワークロードとバッチによるワークロードの連携

- シミュレーション部分におけるGPUプログラミング環境は重要

- すでにかなりの期間NVIDIA GPUへの移行を進めている→スムーズな移行
- Fortranコードの重要性

- 外部環境と連携したワークフローの実現

「データ・推論」基盤(D/I)

・汎用CPUノード

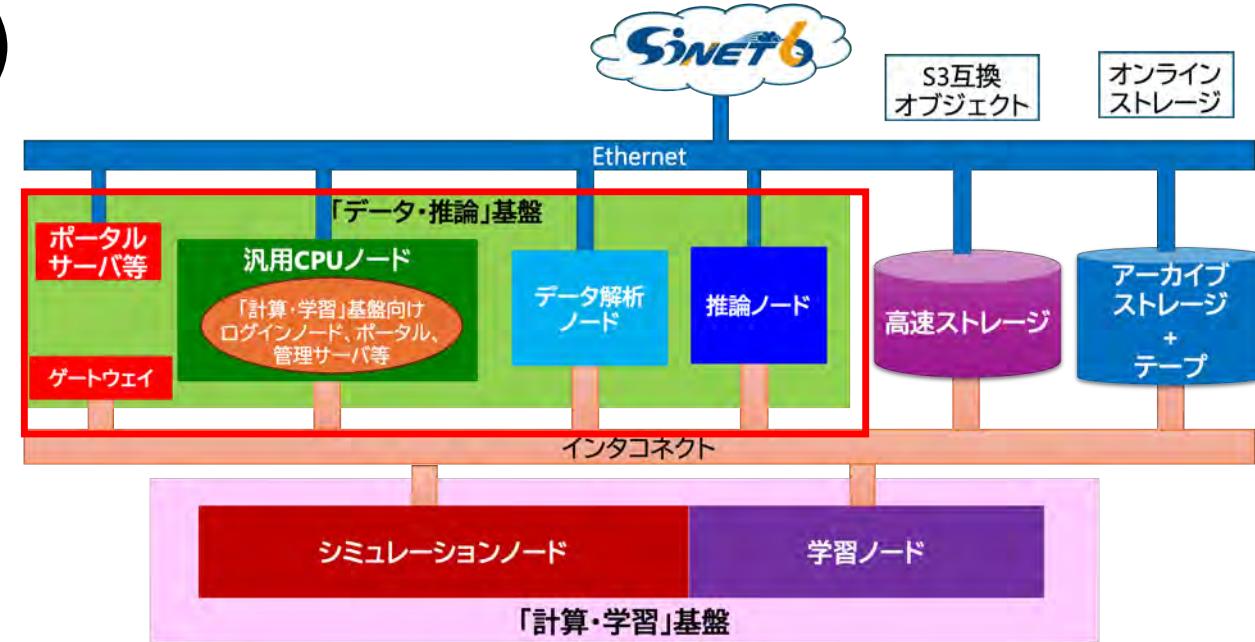
- ・データ解析
- ・シミュレーション
- ・モニタリング
- ・Webサービス
- ・比較的軽量な推論
- ・システム全体の管理
 - ・Confidential Containerによるセキュア環境

・データ解析ノード

- ・データ解析
- ・GPUが必要なインタラクティブ処理

・推論ノード

- ・推論、REST APIによる問い合わせ
- ・外部との連携



・資源割り当て

- ・コンテナベース: Kubernetes+VM
- ・または単にVM?
- ・mdx Iからの既存プロジェクトの移行

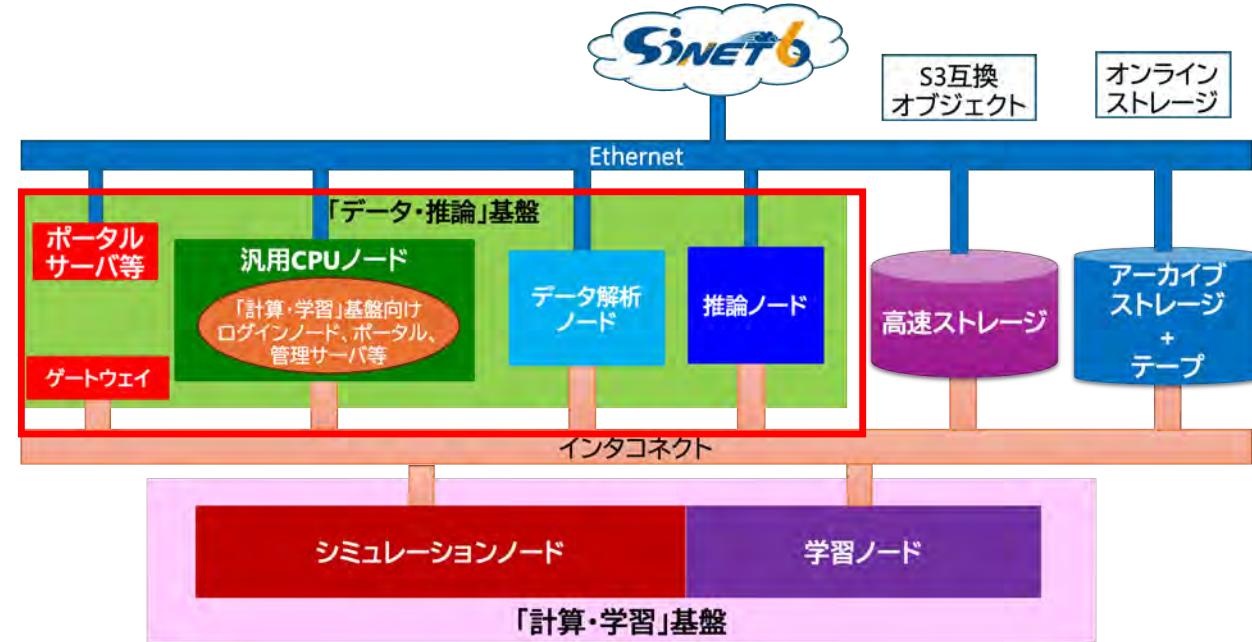
「計算・学習」基盤(S/L)

・シミュレーションノード

- ・シミュレーション
- ・大規模学習
- ・GPU
 - ・FP64性能
 - ・メモリバンド幅
 - ・AI向け性能も

・学習ノード

- ・学習
- ・GPU
 - ・もちろんAI向け性能
 - ・シミュレーションノードとの共通化もあり
- ・外部との直接接続なし、汎用CPUノードを介して通信

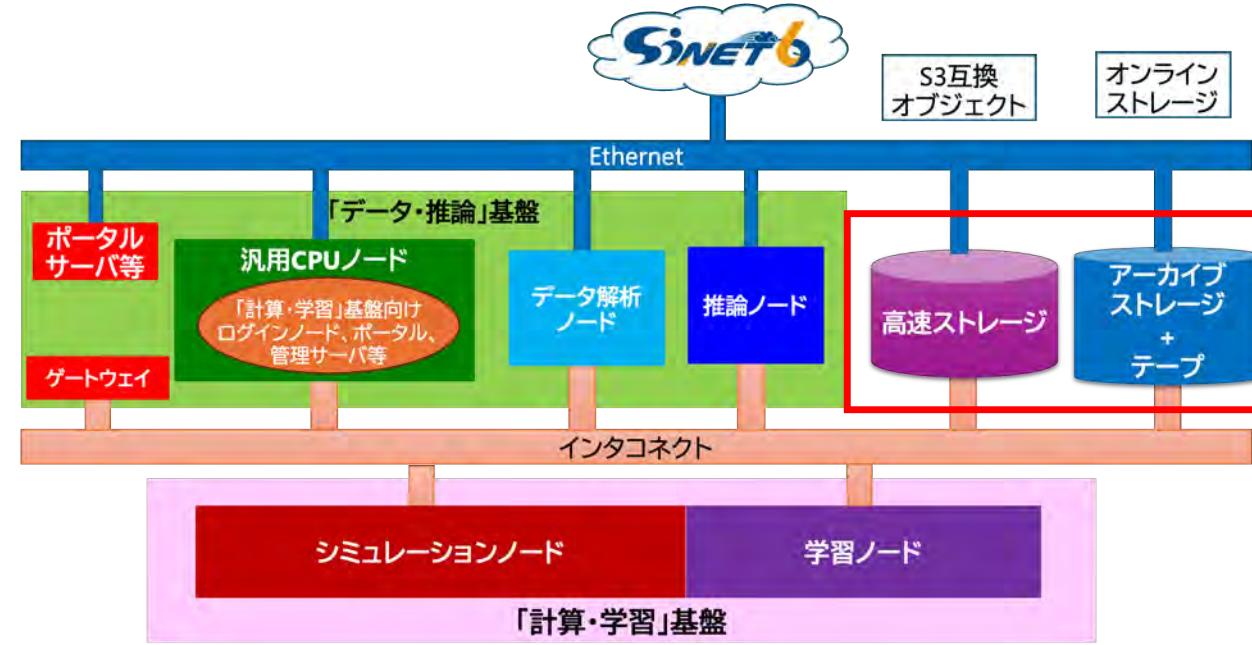


・資源割り当て

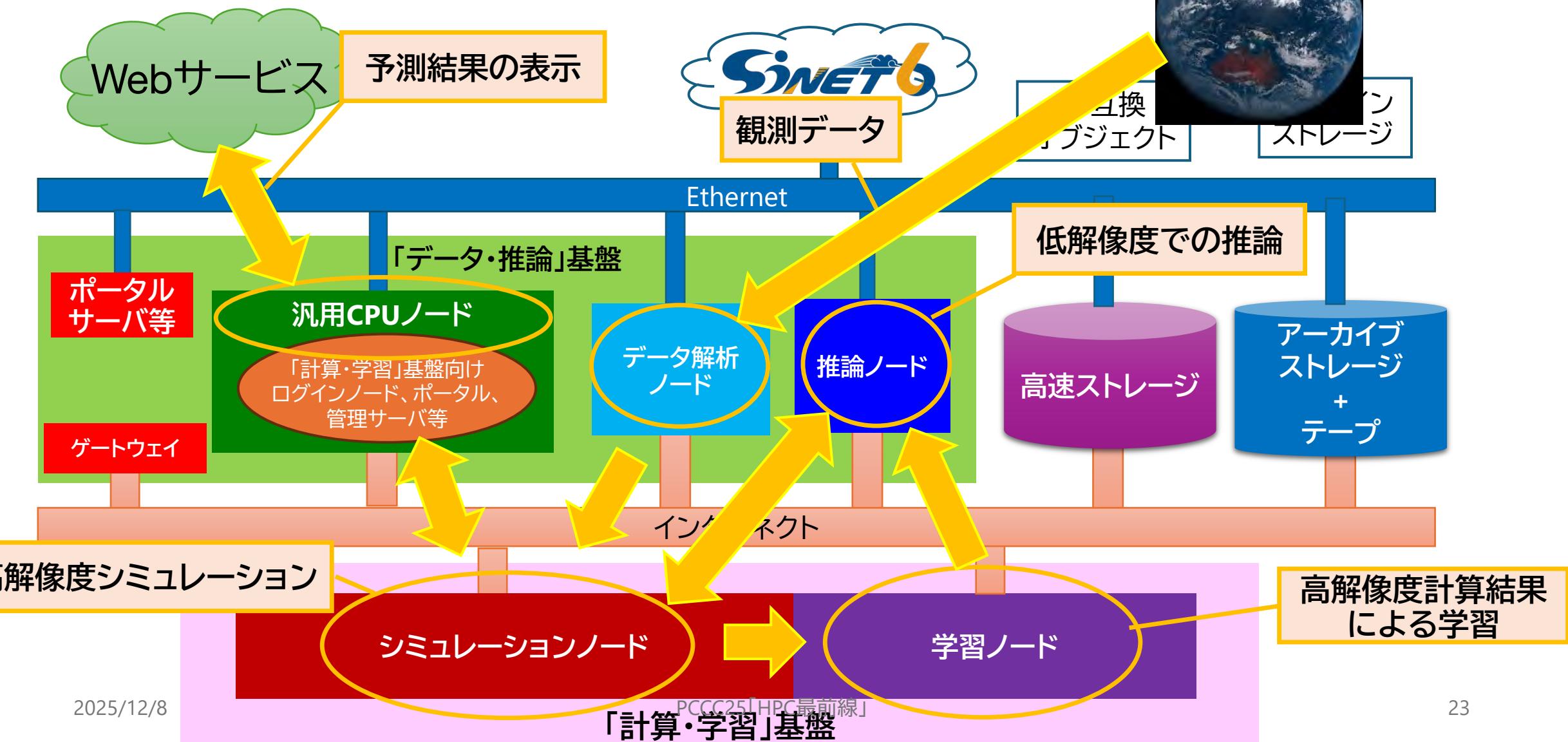
- ・バッチジョブスケジューラ
- ・既存スパコンシステムからの移行

ストレージシステム

- 用途
 - 高速共有ファイルシステム
 - 主として「計算・学習」基盤向け
 - S3互換オブジェクトストレージ
 - クラウド(オンライン)ストレージ
 - アーカイブストレージ (テープ??)
 - ブロックデバイス (NVMeoF)
- SSD, (HDD, テープ for アーカイブ)
- ユーザ管理機能
 - ユーザDBと認証、ユーザマッピング

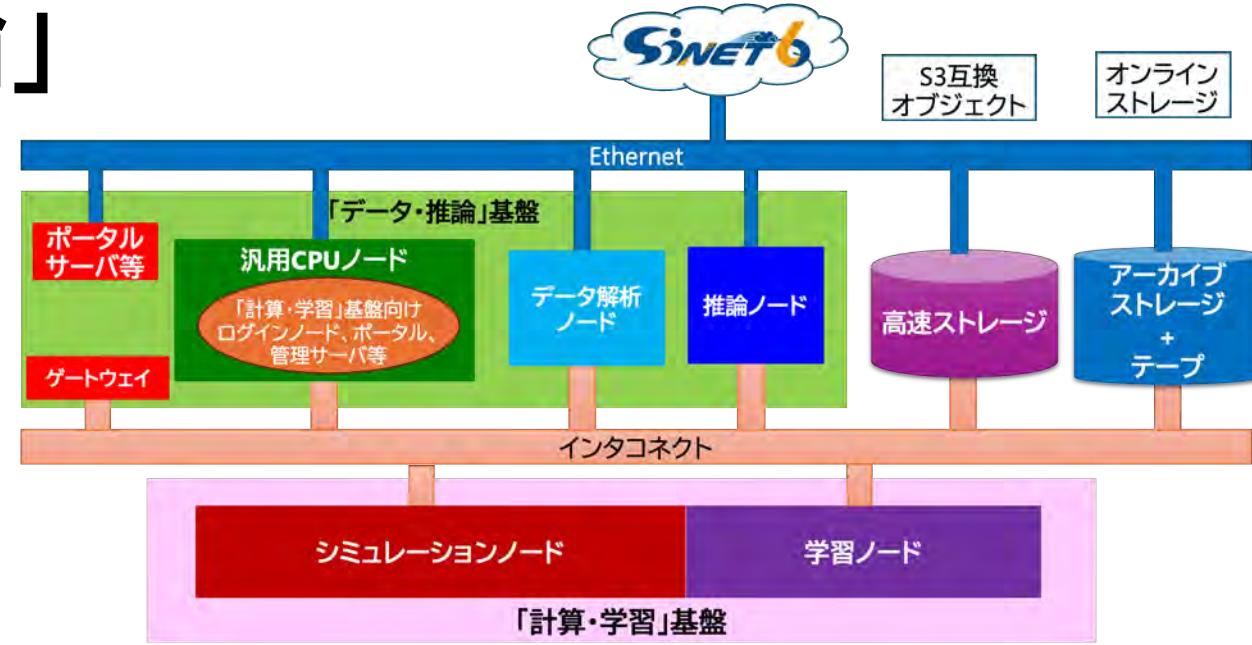


「計算・データ・学習・推論」融合基盤システムと外部との連携: 気候AIモデル(?)



「計算・データ・学習・推論」 融合基盤システムの課題

- 複雑なワークフローにおけるノード間連携の実現
 - ワークフローツール: PREFECT, flux, fuzzball, wheel, ...
 - 異種ノード間の通信は h3-Open-BDEC, Wait-IOで実現可能
- インタラクティブ・予約型資源管理@「データ・推論」基盤とバッチ型資源管理@「計算・学習」基盤の連携
 - 例えば Kubernetes と バッチジョブスケジューラの連携、相互の資源払い出し



All Japanによる次世代HPCI整備検討、GPU化支援

- ・次世代HPCI環境検討ワーキンググループ (文科省)
 - ・2030年頃までの稼働開始を予定している次期フラッグシップシステムをはじめとした次世代計算基盤を見据え、HPCI全体に係る運営方針、利用制度及び利活用促進に係る詳細な検討を計画的に進めていく必要がある。
- ・HPCIの運営方針、利用制度及び利活用促進に係る検討
 - ・HPCI整備計画調査研究事業
 - ・次世代HPC・AI開発支援拠点形成事業

HPCI整備計画調査研究 (2025-27年度)

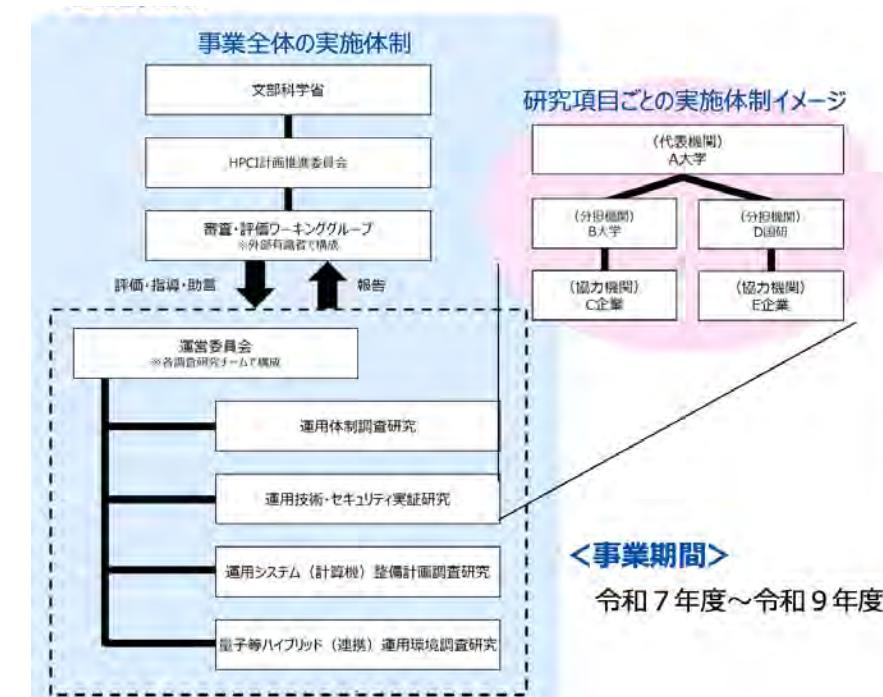
<研究内容>

- ・新たなフラッグシップシステムとHPCIの各システムが連携して成果を最大化するため、HPCIの運用体制、運用技術・セキュリティ、HPCIで備えるべきアーキテクチャ、量子計算環境等について、最新の技術動向を調査し、必要な研究開発を行う。最終的には、調査と研究開発にとどまらず、それぞれの観点について具体的な整備計画を提案する。
- ・実施にあたっては、実施機関及び関係する機関と連携を図り、包括的な検討を進めることとする。

<研究項目>

代表機関：東京大学

1. 運用体制調査研究：ポスト「富岳」時代及びその先を見据えたHPCIの運用体制の在り方について検討
2. 運用技術・セキュリティ実証研究：ポスト「富岳」FS事業を踏まえた、データ基盤技術やセキュリティ確保策等の実証
3. 運用システム(計算機)整備計画調査研究：ポスト「富岳」時代及びその先を見据えたHPCIが備えるべきアーキテクチャ等について検討
4. 量子等ハイブリッド(連携)運用環境調査研究：量子ハイブリッドをはじめとした新計算原理の動向や連携に関する調査



運用技術・セキュリティ実証研究

- ・ポスト「富岳」時代における我が国の科学技術基盤のさらなる高度化を目指し**次世代HPCIのあるべき姿の探究**
 - ・フラッグシップシステム(**NFS**)、大学基盤センター群を中心としたNational Infrastructure Systems (**NIS**)に加えて
➢mdxなどのデータプラットフォーム、研究データ基盤、各種ストレージ、クラウド等の多様な計算資源
➢先端大型研究施設における実験装置など
- これらが**有機的に結合された持続可能な計算基盤の実現**を目指す
- ・**ポスト「富岳」FS運用技術調査研究チームによる調査研究成果**を踏まえ、さらに実証に向けた取り組みを進めるこ
とにより、我が国の研究開発力の強化と、国際競争力のある科学技術イノベーションの創出に資する高度な研究環
境の整備を推進する
- ・将来的にはHPCIの全システムを一体的に運用し、最適化することも目指し、それに向けた課題について検討、ロ
ードマップ作成

1. 複数の計算資源を一体的に管理する機能、緊急性の高いジョブに即時対応する機能
2. ユーザビリティ向上、統一的インターフェース、複数システムをまたがるワークフローの実現
3. ユーザが複数システムを横断的に利用できるようにするための認証技術
4. 計算資源と外部データの連携
5. 省電力運用とそれによる炭素排出量の削減
6. ハードウェア・ソフトウェア両面におけるセキュリティ確保とプライバシー保護に向けた検討

以下の目標に向け包括的に支える戦略的な整備方針の提案

- ・我が国の研究力を中長期的に支える、柔軟性と持続可能性を兼ね備えた計算基盤の整備
- ・ワット・ビット連携を視野に入れた、国内計算資源全体にわたる最適な資源配分の実現
- ・社会課題の解決に資する革新的な計算基盤の提供による、安心・安全な社会の創成

実施体制



国内有数の計算資源、学術情報ネットワークを運用する、基盤センター、国立研究所の研究者、技術スタッフ、ベンダが共同で実施

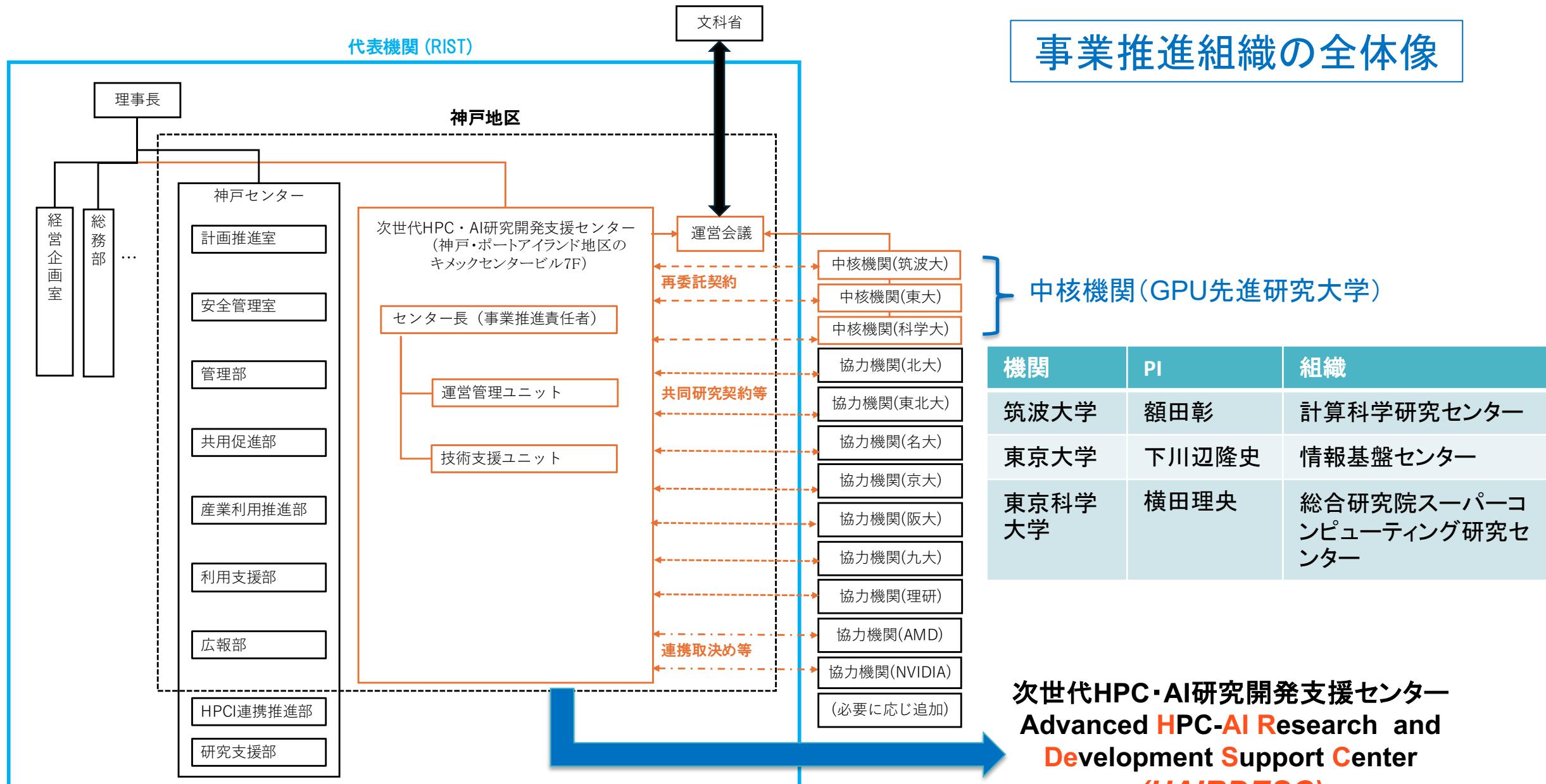


(協力機関: 企業)
アルテアエンジニアリング
日本オラクル
インテル

文科省「次世代HPC・AI開発支援拠点形成事業」

- 2025年7月に公募開始
 - 8月4日提案締め切り
 - 9月上旬、書類審査を経てヒアリング
- RIST(代表機関) + 筑波大・東大・東京科学大(中核機関)による提案を申請
→ 9月下旬、採択(一部条件付き) → 「次世代HPC・AI研究開発支援センター」発足へ
(2025年10月～2030年3月)
- 提案の骨子
 - 本事業では、これまで「京」・「富岳」を中心とする HPCI において開発が進められてきた既存アプリケーションのほか、ポスト「富岳」時代を見据えた新たな科学研究分野(AI for Science等)における新規アプリケーションについて、新たなフラッグシップシステムにおいて導入が予定されている 加速部への対応等をはじめとした次世代のHPC・AI開発の技術支援を行うための拠点を形成する。本事業においては、ポスト「富岳」及び現在また今後に HPCI システム提供機関において運用されるスーパーコンピュータにおける演算加速部は主としてGPUによって構成されるものと想定する。
 - 技術支援においては、CPU・GPU・インターネット各部の開発ベンダー等とも連携して知見の蓄積を図るとともに、国内の計算科学分野の研究者や民間企業のユーザに対する普及啓発活動等を実施する。また、文部科学省にて同時平行的に実施されているHPCI整備計画調査研究事業の各プログラムとも連携して分野横断型のコミュニティを形成し、効果的かつ効率的に技術支援を進めるとともに、人材育成に資する取組を実施・推進する。

事業推進組織の全体像



次世代HPC・AI研究開発支援センター
Advanced HPC-AI Research and
Development Support Center
(HAIRDESC)
(センター長:朴泰祐)

まとめ

- 現在運用中システム
 - Wisteria/BDEC-01: 2021年5月～2027年5月(予定、6年間)
 - Odyssey: 富士通 A64FX, 7,680ノード
 - Aquarius: Intel Xeon+NVIDIA A100, 45ノード 360GPU
 - Miyabi (JCAHPC): 2025年1月～ 2030年12月(予定、6年間)
 - Miyabi-G: NVIDIA GH200 Grace-Hoper Superchip x 1,120ノード(=GPU)
 - Miyabi-C: Intel Xeon CPU Max x 190ノード
- 次期システム調達中... 「計算・データ・学習・推論」融合基盤システム (BDEC-02)
 - 2027年度中に運用開始
 - GPUメイン、複数種類の計算ノード、150 PFLOPS (理想)
 - マルチファンクション対応共有ストレージ
 - 複雑なワークロードと資源管理が課題
- HPCI整備計画調査研究
 - 特に運用体制調査研究、運用技術・セキュリティ実証研究では、代表機関として協調して取りまとめていく
- 次世代HPC・AI開発支援拠点
 - 次世代HPC・AI研究開発支援センター (HAIRDESC)の紹介、中核機関としてGPU化支援を推進