

アドバンス・シミュレーション 第9回 ・セミナー 2025

2025 年 12 月 19 日 (金) 開催

プログラム

1. アドバンスソフト株式会社についてと、先生のご紹介 1
2. **招待講演**
『「計算・データ・学習」融合と富岳 NEXT, その先にあるもの」 3
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 教授 中島 研吾 様
3. アドバンスソフトからの情報提供 67

講演概要

『「計算・データ・学習」融合と富岳 NEXT, その先にあるもの』

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 教授 中島 研吾 様

近年、スーパーコンピューティングは急速に変革しており、従来の計算科学シミュレーションに加えて、データ科学、機械学習・AI など様々な分野に利用されています。東京大学情報基盤センター（本センター）では、2015 年頃から「計算・データ・学習（Simulation・Data・Learning, S+D+L）」融合による新しい科学の開拓を推進してきました。2021 年に運用を開始した「Wisteria/BDEC-01」システム上で、革新的ソフトウェア基盤「h3-Open-BDEC」を使用して実現した様々な成果とともに、近年取り組んでいる量子・HPC ハイブリッド連携についても紹介します。スーパーコンピュータ「富岳」の後継機である富岳 NEXT は GPU を搭載したシステムです。CPU 向けに開発されたアプリケーションの移行、プログラミング環境の整備に向けた本センターの取り組みについても紹介します。



アドバンスソフト株式会社 セミナー事務局

〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台四丁目 3 番地 新お茶の水ビルディング 17 階西

TEL: 03-6826-3971 FAX: 03-5283-6580

URL: <https://www.advancesoft.jp/> E-mail: office@advancesoft.jp

アドバンスソフト株式会社についてと 先生のご紹介

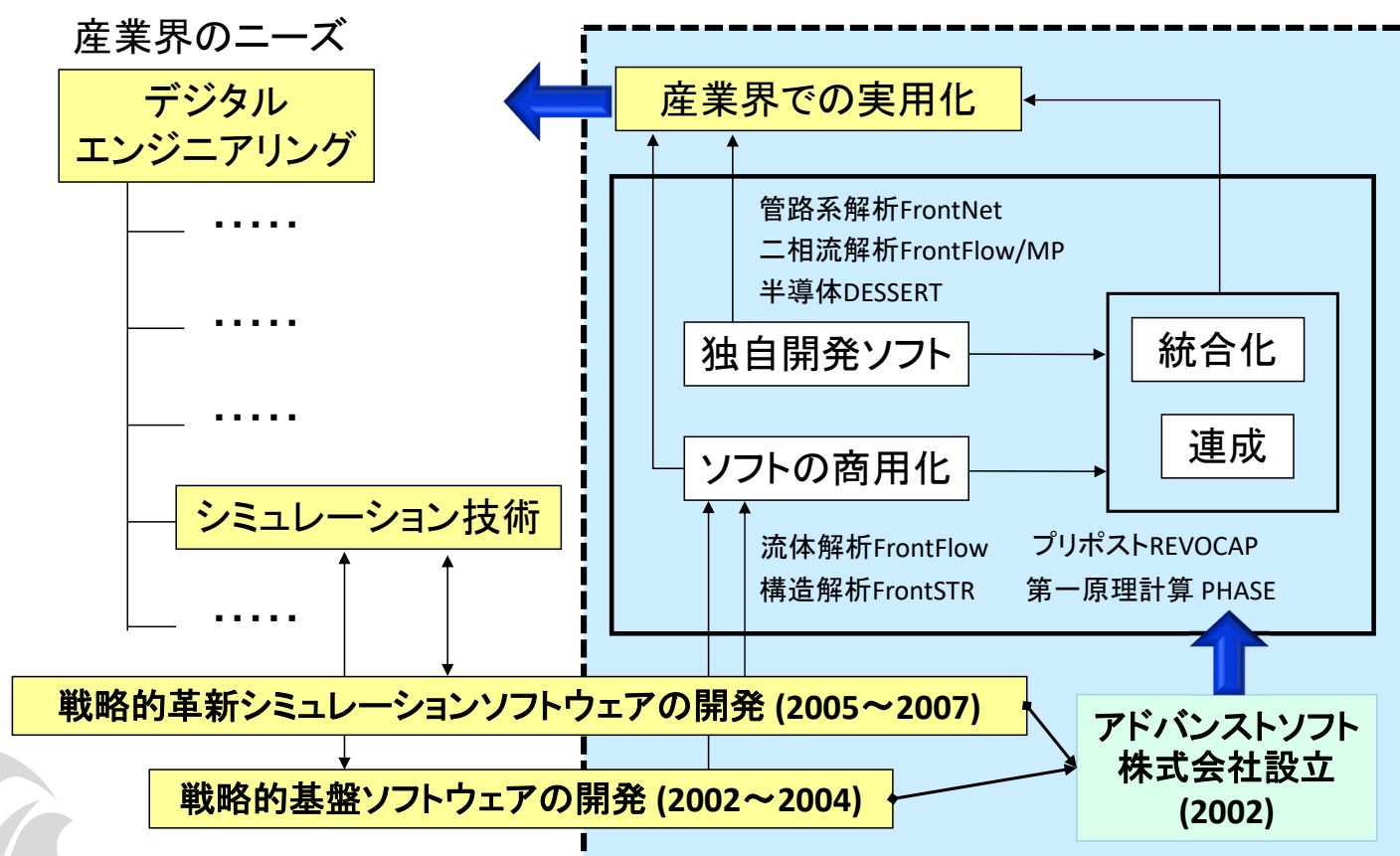
第9回 アドバンス・シミュレーション・セミナー 2025
(東京大学 情報基盤センター スーパーコンピューティング研究部門
教授 中島 研吾 様)

2025年12月19日 (金) 開催
アドバンスソフト株式会社

Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

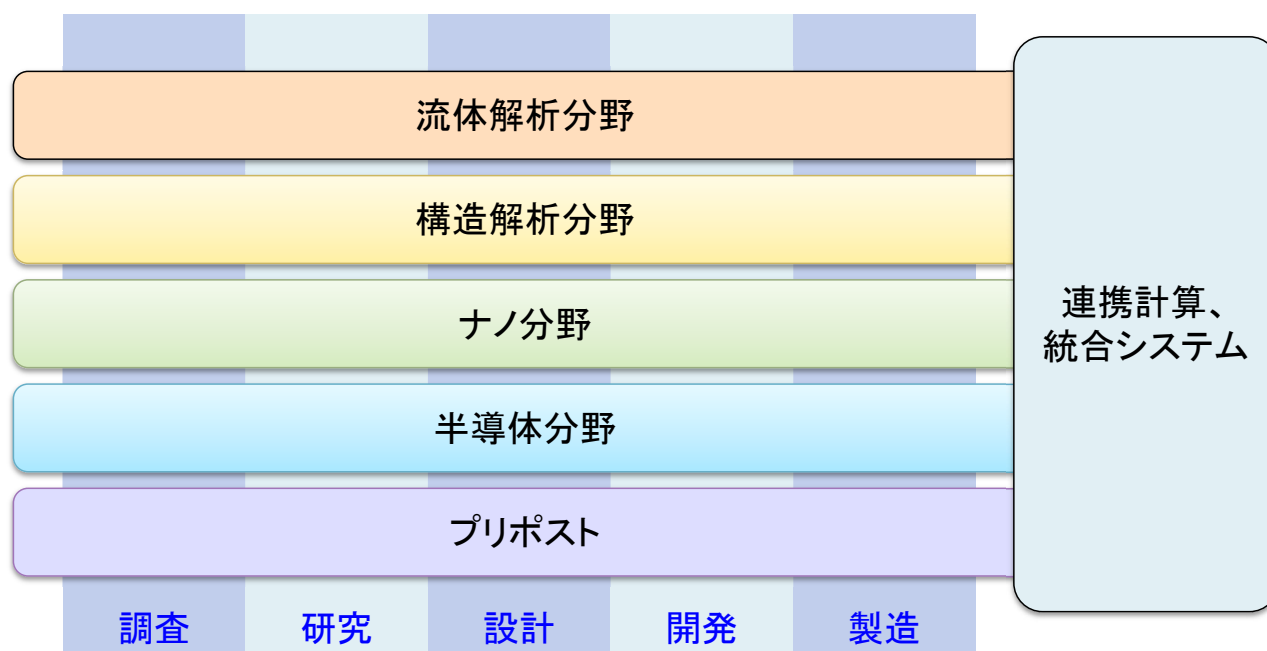
1

アドバンスソフトとは



Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

事業分野



産業の主要な分野のあらゆるフェーズで直面する課題に対し、
科学技術計算によるソリューションをご提供します。

中島 研吾 先生 のご紹介

ご経歴

1985年	東京大学 工学部 航空学科卒業。
1993年	テキサス大学 オースティン校 大学院修了。
1985年～1999年	三菱総合研究所。
1999年～2004年	高度情報科学技術研究機構（RIST）。
2004年～2008年	東京大学 理学系研究科
2008年～現在	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 教授。
2018年	理化学研究所計算科学研究センター（R-CCS） 副センター長を兼務。

ご研究内容

専門は、高性能計算（High-Performance Computing）、計算力学、数値線形代数

『計算・データ・学習』融合と 富岳NEXT, その先にあるもの

中島 研吾^{1,2)}

1) 東京大学情報基盤センター

2) 理研R-CCS



Wisteria
BDEC-01



Hierarchical, Hybrid, Heterogeneous
h3-Open-BDEC
Big Data & Extreme Computing



第9回アドバンス・シミュレーションセミナー 2025年12月19日(オンライン)

AI-for-Science by Integrations of Simulations/Data/Learning on Heterogeneous Supercomputers

Kengo Nakajima
Information Technology Center
The University of Tokyo
RIKEN R-CCS



16th Workshop on Latest Advances in Scalable Algorithms for Large-Scale Heterogeneous Systems (ScalAH'25) in conjunction with SC25, November 16, 2025, St. Louis, MO, USA

謝 辞

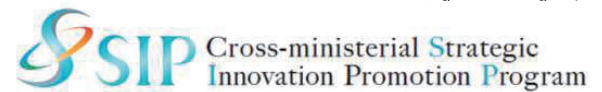
- 科学技術振興機構CREST
- DFG-SPPEXA
- 科研費基盤研究(S)(19H05662)
– 2019-2023
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)
– 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)
– ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業: 計算可能領域の開拓のための量子・スパコン連携プラットフォームの研究開発(JHPC-quantum)
- 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点(JHPCN):jh250027
- 東京大学情報基盤センター
- 星野哲也准教授(名古屋大学)



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO



東京大学情報基盤センター
INFORMATION TECHNOLOGY CENTER, THE UNIVERSITY OF TOKYO



3

共同研究者(一部)

- 古村孝志(東京大学地震研究所)
- 住元真司(東京大学情報基盤センター)
- 荒川 隆(CliMTech/東京大学情報基盤センター)
- 八代 尚(国立環境研究所)
- 胡 曜(東京大学情報基盤センター)
- 三木洋平(東京大学情報基盤センター)
- 山崎一哉(東京大学情報基盤センター)
- 下川辺隆史(東京大学情報基盤センター)
- 濱村一航(NVIDIA)



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO



NVIDIA

CUDA QUANTUM

・現職

- 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部門長・教授
 - ・ 同大学院情報理工学系研究科数理情報学専攻・工学系研究科電気系工学専攻
- 理化学研究所計算科学研究センター(R-CCS)・副センター長

・専門分野

- HPC (High Performance Computing: 高性能計算), 並列数値線形代数 (前処理)
- 並列プログラミングモデル, 計算力学, 数値流体力学, 適応格子, 並列可視化
 - ・ 会社員時代は原子力関連のシミュレーションが中心
 - ・ 2000年頃から地球物理分野の研究者との共同研究が増加, 現在も継続

・学歴・職歴

- 1985 東京大学工学部航空学科卒業 (航空工学専修)
- 1993 テキサス大学大学院修了 (航空宇宙工学) (MS)
- 2003 東京大学大学院工学系研究科システム量子工学専攻 (博士 (工学))
- 1985-1999 株式会社三菱総合研究所
- 1999-2004 財団法人高度情報科学技術研究機構 (RIST)
- 2004-2007 東京大学大学院・理学系研究科地球惑星科学専攻 (COE 特任教員)
- 2008- 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
- 2018- 理化学研究所計算科学研究センター・副センター長

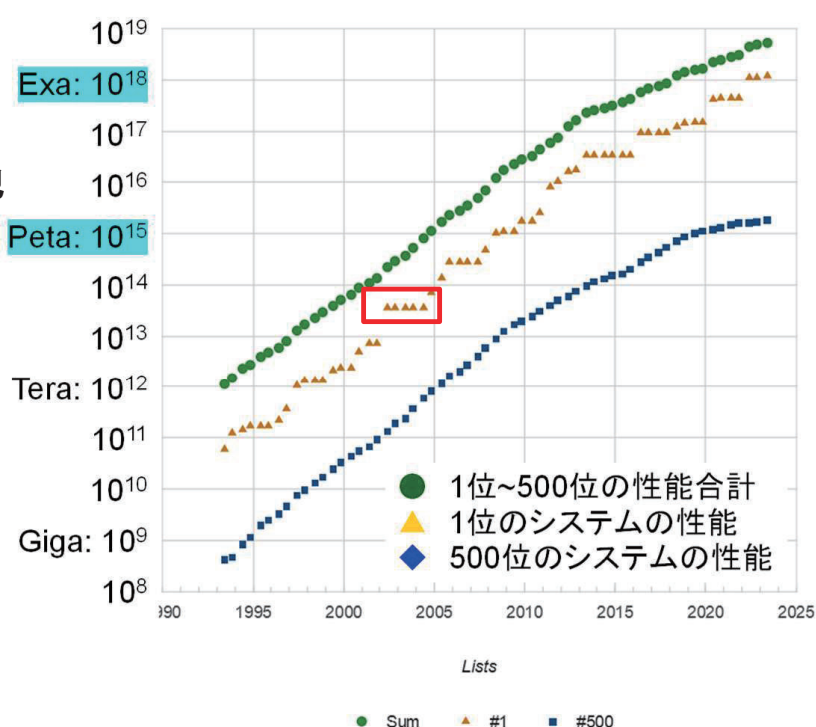
東大地球惑星科学専攻でのミッション

・初代「地球シミュレータ」

- 2002年から2年間世界最高速
- コンピュートニク (Computenik)

・地球物理学専攻の大学院生に「地球シミュレータの使い方」を教える

- 高性能計算 (High Performance Computing, HPC)
- 並列計算 (Parallel Computing)
- 教材整備: 全国で「ほぼ」初めての試み, 現在も継続



東京大学情報基盤センター



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO



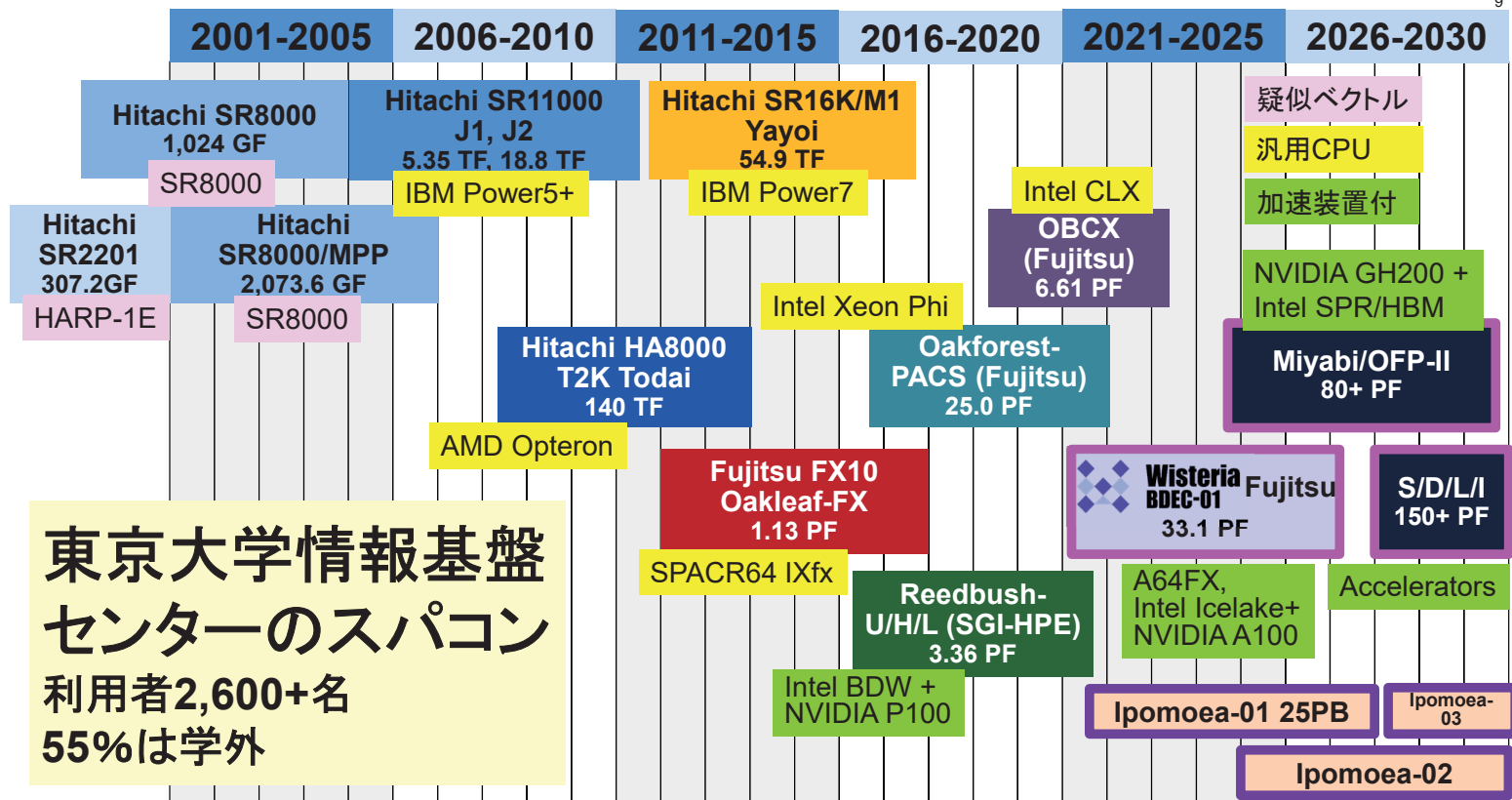
- 東京大学大型計算機センター(1965年)
 - 日本最古の学術向けスパコンセンター
- 東京大学情報基盤センター(1999年～)
 - 全国共同利用施設
 - 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 中核拠点(2010年～)
 - 革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ(HPCI) 構成機関(2010年～)
 - 最先端共同HPC基盤施設(JCAHPC)(2013年～)
 - 筑波大学計算科学研究センター・東大情報基盤センター:OFP, Miyabi
 - 5部門:学術メディア, ネットワーク, データ科学, スパコン, 学際情報科学
- 2025年12月
 - 現在運用中のシステム
 - Wisteria/BDEC-01(「計算・データ・学習」融合スーパーコンピュータシステム):2021年5月運用開始
 - Miyabi(最先端共同 HPC 基盤施設スーパーコンピュータシステム):2025年1月運用開始
 - Ipomoea-01(大規模共通ストレージ)(2022年1月運用開始, 利用開始は6月)
 - データ活用社会創成プラットフォーム(mdx):2021年3月設置



7

- 「計算・データ・学習(S+D+L)」融合
 - Wisteria/BDEC-01
 - Miyabi
 - h3-Open-BDEC
 - JHPC-quantum
- 「富岳NEXT」におけるアプリケーションとプログラミング
- まとめ

8



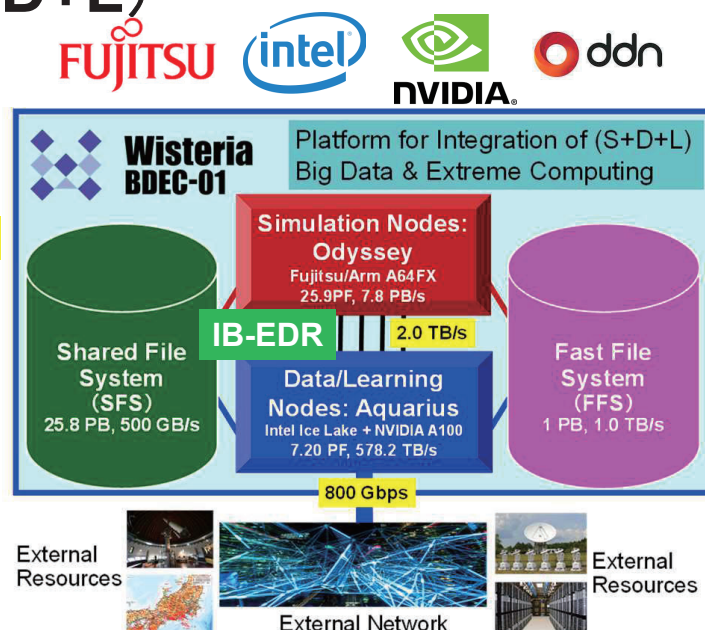
(計算・データ・学習)融合: (S+D+L)

- スパコンのワークロードの多様化: S・D・L
 - 計算科学, 計算工学: Simulations (S)
 - 大規模データ解析: Data (D)
 - AI, 機械学習: Learning (L)
- 東大情報基盤センターでは, 2015年頃から「(S+D+L)融合」による新しい科学の開拓を実現する, ハードウェア, ソフトウェア, アプリケーション, アルゴリズムに関する研究開発を開始
 - BDEC計画 (Big Data & Extreme Computing)
 - 「データ+学習」による, より高度な「シミュレーション」⇒ AI for HPC
 - 地球科学関連では自然な発想 (すでに実施されている)
- 2021年5月に運用を開始した「Wisteria/BDEC-01」は「BDEC計画」の1号機
 - 「計算・データ・学習 (S+D+L)」融合を実現する, 世界でも初めてのプラットフォーム

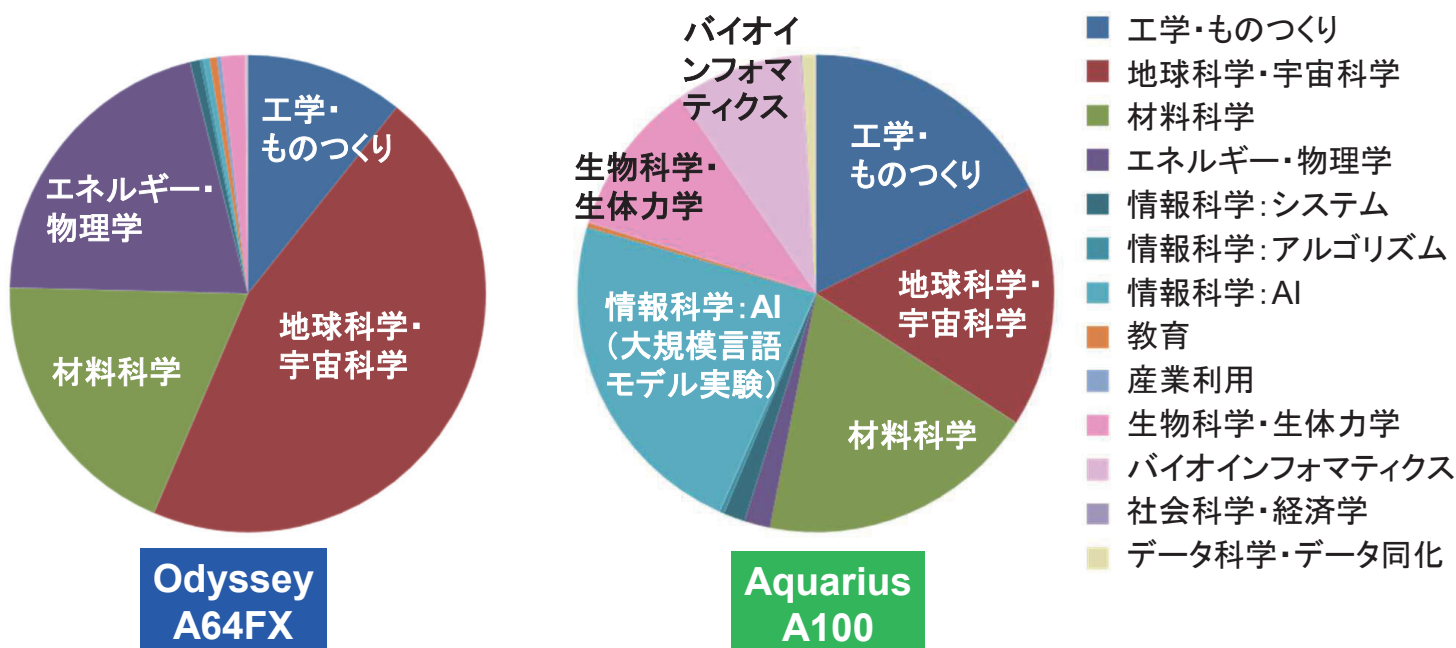


ヘテロジニアスなシステムを利用した 「計算・データ・学習」融合(S+D+L)

- Wisteria/BDEC-01 (2021年5月～)
 - Odyssey: 計算ノード群 (A64FX) (7,680)
 - Aquarius: データ／学習ノード群 (NVIDIA A100) (360)
 - 計算資源の78%はOdyssey (CPU)
- Miyabi (2025年1月～) JCAHPC
 - Miyabi-G with NVIDIA GH200 (1,120)
 - Miyabi-C with Intel Xeon Max (190)
 - 計算機資源の98%はMiyabi-G (GPU)
- h3-Open-BDEC (2019年6月～2023年3月)

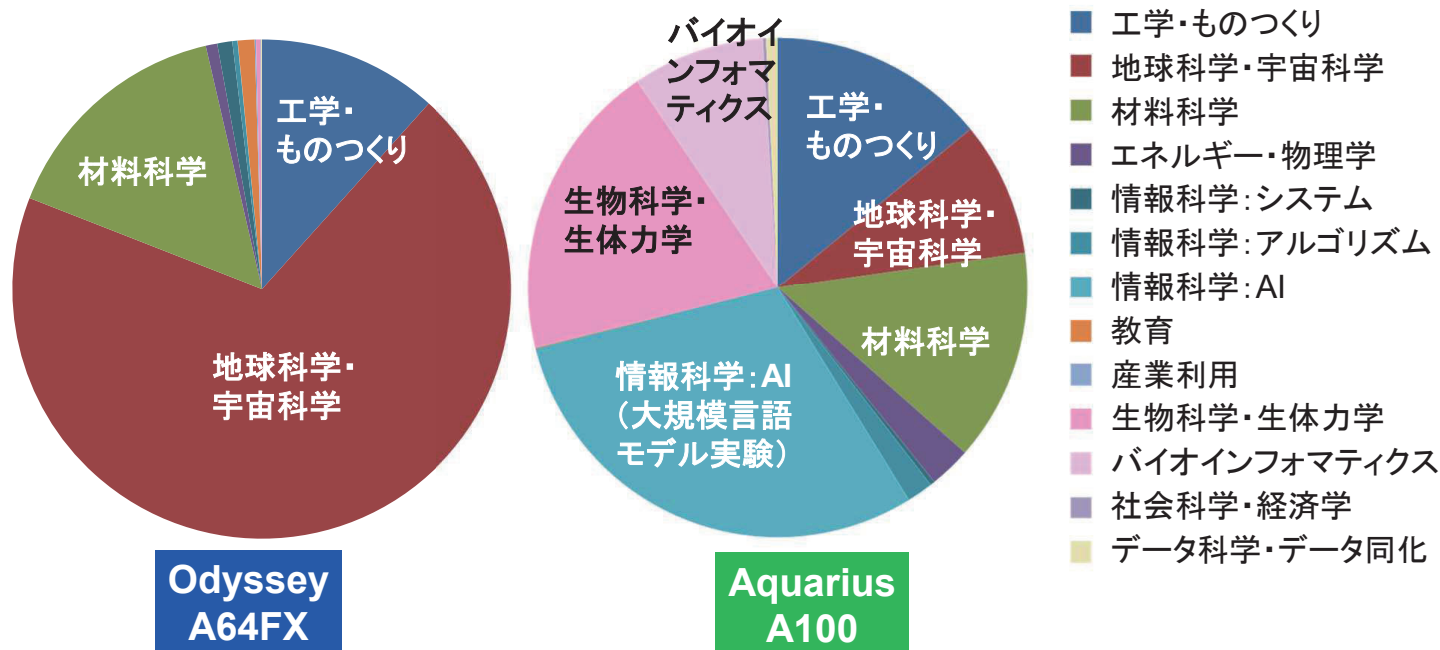


2024年度分野別計算資源利用割合 Wisteria/BDEC-01 ■ 汎用CPU, ■ GPU



2025年度分野別計算資源利用割合(4-12月)

Wisteria/BDEC-01 ■ 汎用CPU, ■ GPU



ヘテロジニアスなシステムを利用した 「計算・データ・学習」融合(S+D+L)

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～) JCAHPC

- Miyabi-G with NVIDIA GH200 (1,120)
- Miyabi-C with Intel Xeon Max (190)

– 計算機資源の98%はMiyabi-G (GPU)

• h3-Open-BDEC (2019年6月～2023年3月)



JCAHPC

筑波大学
University of Tsukuba

東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

miyabi

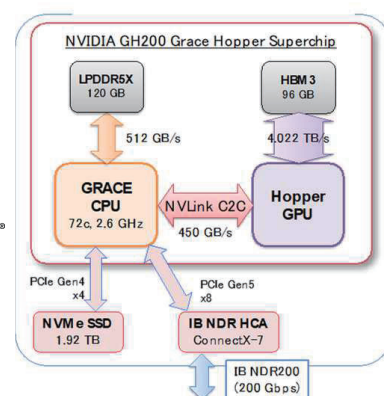
FUJITSU

ddn

SUPERMICR

intel

NVIDIA



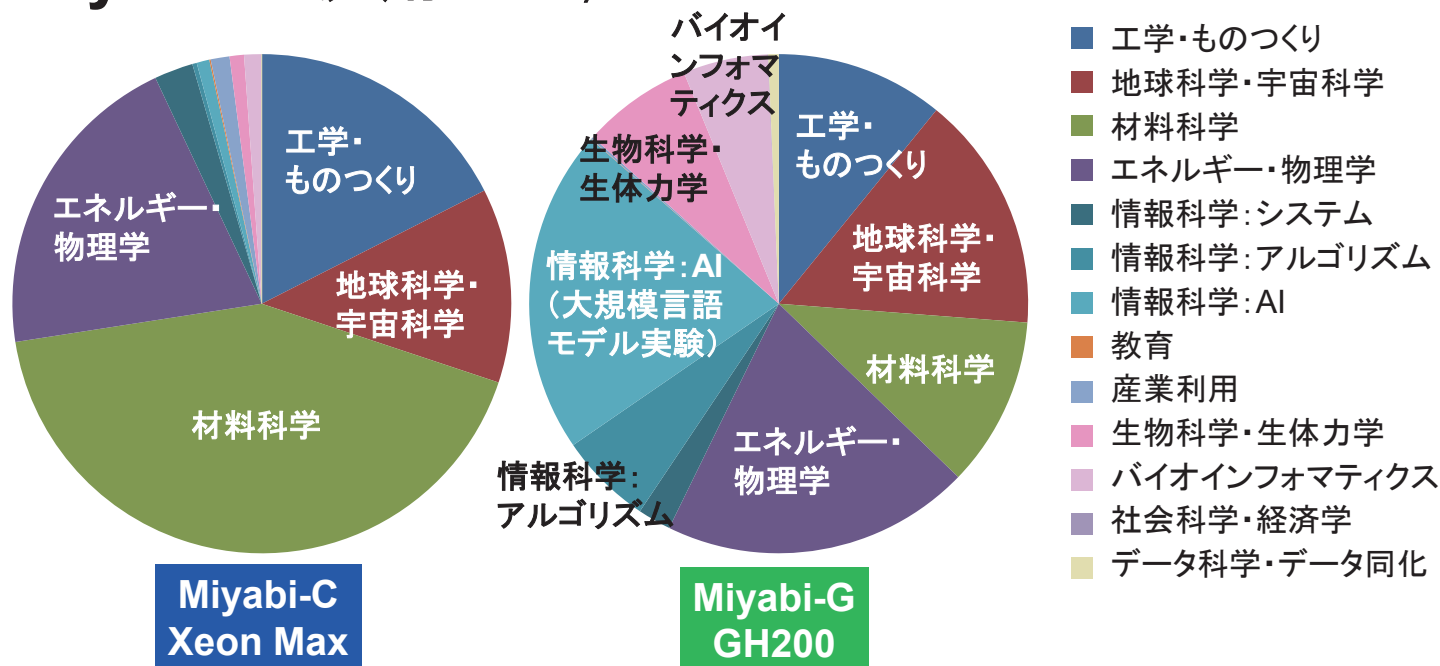
Miyabi(2025年1月運用開始) JCAHPC

- Miyabiは、筑波大学と東京大学が共同で運営する最先端共同HPC基盤施設(JCAHPC)の運用するスーパーコンピュータです。
- Miyabiは最先端のCPUとGPUを搭載しており、2つのサブシステム、すなわちMiyabi-C(Intel Xeon Max 190ノード)、及びMiyabi-G(NVIDIA GH200(Grace Hopper Superchip)1,120ノード)から構成されています。



2025年度分野別計算資源利用割合(4-12月)

Miyabi ■ 汎用CPU, ■ GPU



66th TOP500 List (Nov., 2025)

$R_{\max}$: Performance of Linpack (TFLOPS) <http://www.top500.org/>
 R_{peak} : Peak Performance (TFLOPS), Power: kW

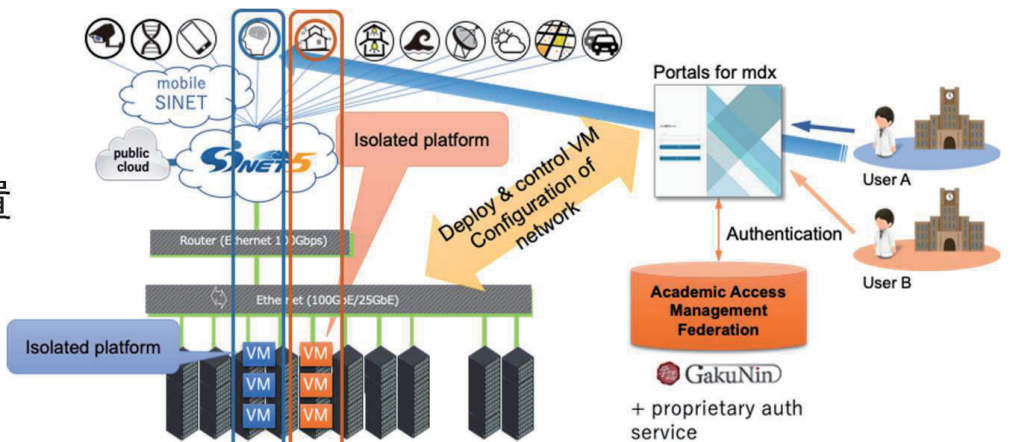
17

	Site	Computer/Year Vendor	Cores	$R_{\max}$ (PFLOPS)	R_{peak} (PFLOPS)	GFLOPS/W	Power (kW)
1	El Capitan, 2024, USA DOE/NNSA/LLNL	HPE Cray EX255a, AMD 4th Gen EPYC 24C 1.8GHz, AMD Instinct MI300A, Slingshot-11, TOSS	11,340,000	1,809.00 (=1.809 EF)	2,821.10 64.1 %	60.94	29,685
2	Frontier, 2021, USA DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory	HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Gen. EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11	9,066,176	1,353.00	2,055.72 65.8 %	54.98	24,607
3	Aurora, 2023, USA DOE/SC/Argonne National Laboratory	HPE Cray EX - Intel Exascale Compute Blade, Xeon CPU Max 9470 52C 2.4GHz, Intel Data Center GPU Max, Slingshot-11, Intel	9,264,128	1,012.00	1,980.01 51.1 %	26.15	38,698
4	JUPITER Booster, 2025, Germany EuroHPC/FZJ	EVIDEN, BullSequana XH3000, GH Superchip 72C 3GHz, NVIDIA GH200 Superchip, Quad-Rail NVIDIA InfiniBand NDR200, RedHat Enterprise Linux	4,801,344	1,000.00	1,266.28 81.5 %	63.32	15,974
5	Eagle, 2023, USA Microsoft	Microsoft NDv5, Xeon Platinum 8480C 48C 2GHz, NVIDIA H100, NVIDIA InfiniBand NDR	2,073,600	561.20	846.84 66.3 %		
6	HPC 6, 2024, Italy Eni S.p.A.	HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, RHEL 8.9	3,143,520	477.90	606.97 66.3 %	56.48	8,461
7	Fugaku, 2020, Japan R-CCS, RIKEN	Fujitsu PRIMEHPC FX1000, Fujitsu A64FX 48C 2.2GHz, Tofu-D	7,630,848	442.01	537.21 82.3 %	14.78	29,899
8	Alps, 2024, Switzerland Swiss Natl. SC Centre (CSCS)	HPE Cray EX254n, NVIDIA Grace 72C 3.1GHz, NVIDIA GH200 Superchip, Slingshot-11	2,121,600	434.90	574.84 75.7 %	61.05	7,124
9	LUMI, 2023, Finland EuroHPC/CSC	HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Gen. EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11	2,752,704	379.70	531.51 71.4 %	53.43	7,107
10	Leonard, 2023, Italy EuroHPC/Cineca	EVIDEN, BullSequana XH2000, Xeon Platinum 8358 32C 2.6GHz, NVIDIA A100 SXM4 64GB, Quad-rail NVIDIA HDR100	1,824,768	241.20	181.49 78.7 %	32.19	7,494
16	ABCI 3.0, 2025, Japan AIST	HPE Cray XD670, Xeon Platinum 8558 48C 2.1GHz, NVIDIA H200 SXM5 141 GB, InfiniBand NDR200, Rocky Linux 9	479,232	145.10	130.44 80.0 %	59.29	3,596
17	CHIE-4, 2025, Japan SoftBank, Corp.	NVIDIA DGX B200, Xeon Platinum 8570 56C 2.1GHz, NVIDIA B200 SXM 180GB, InfiniBand NDR400, Ubuntu 20.04.2 LTS	662,256	135.40	151.88 89.2 %		
25	CHIE-3, 2024, Japan SoftBank, Corp.	NVIDIA DGX H100, Xeon Platinum 8480C 56C 2GHz, NVIDIA H100, InfiniBand NDR400, Ubuntu 22.04.4 LTS	297,840	91.94	138.32 66.5 %		
27	CHIE-2, 2024, Japan SoftBank, Corp.	NVIDIA DGX H100, Xeon Platinum 8480C 56C 2GHz, NVIDIA H100, InfiniBand NDR400, Ubuntu 22.04.4 LTS	297,840	89.78	138.32 64.9 %		
31	ABCI-Q, 2025, Japan AIST	Fujitsu, Supermicro SYS-221GE-TNHT-LCC, Intel Xeon Platinum 8558 48C 2.1GHz, NVIDIA H100 SXM5 80GB, InfiniBand NDR, Rocky Linux 9.4	315,210	74.58	99.35 75.1 %	40.67	1,834
40	FPT, 2025, JAPAN FPT AI Factory	HPE, HGX H200, Xeon Platinum 8558 48C 2.1GHz, NVIDIA H200 SXM5 141 GB, InfiniBand NDR400, Ubuntu 22.04.5 LTS	146,304	49.85	67.44 73.9 %		
41	Miyabi-G, 2024, Japan JCAHPC	Fujitsu, Supermicro ARS 111GL DNHR LCC, Grace Hopper Superchip 72C 3GHz, InfiniBand NDR200, Rocky Linux	80,640	46.80	72.80 64.3 %	47.59	983
51	TSUBAME 4.0, 2024, Japan Institute of Science Tokyo	HPE Cray XD665, AMD EPYC 9654 96C 2.4GHz, NVIDIA H100 SXM5 94 GB, InfiniBand NDR200	172,800	39.62	61.60 64.3 %	48.55	816
81	Wisteria/BDEC-01 (Odyssey), 2021, Japan U.Tokyo	Fujitsu PRIMEHPC FX1000, A64FX 48C 2.2GHz, Tofu D	368,640	22.12	25.95 85.2 %	15.07	1,468

mdx: データ社会創成プラットフォーム 9大学, 2研究機関で共同運営



- スーパーコンピュータと同じHWを使用し, 「クラウド」並みのセキュリティでデータ活用に重点を置いた高性能仮想化環境
- 複数スパコン連携, QC-HPCハイブリッド連携のための「オーケストレーションサーバー」としても利用



- 「計算・データ・学習(S+D+L)」融合

- Wisterea/BDEC-01

- Miyabi

- **h3-Open-BDEC**

- JHPC-quantum

- 「富岳NEXT」におけるアプリケーションとプログラミング

- まとめ

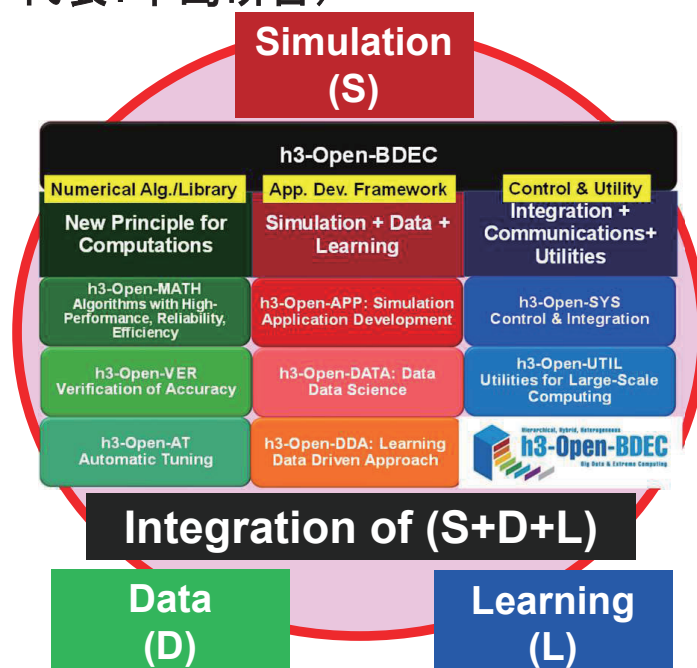
19

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)

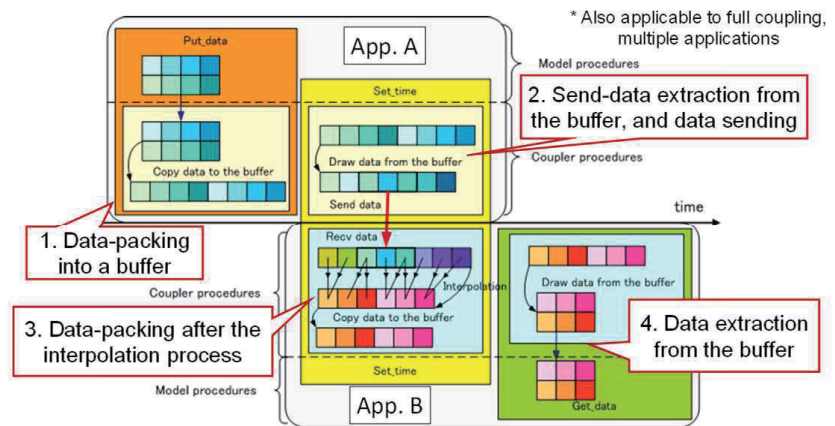
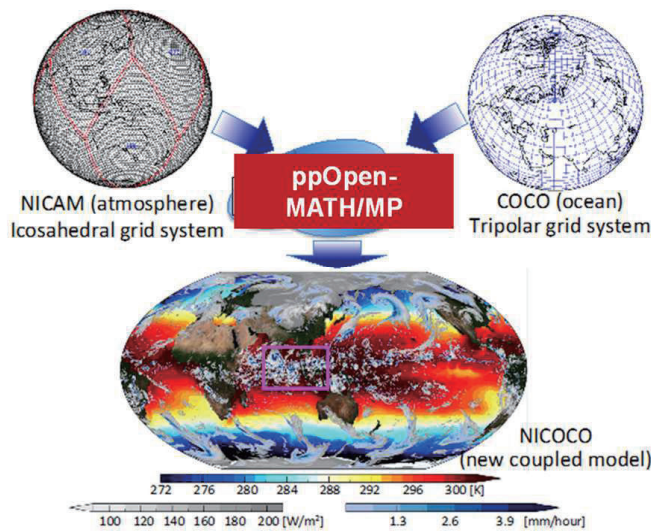
<https://h3-open-bdec.cc.u-tokyo.ac.jp/>

- 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



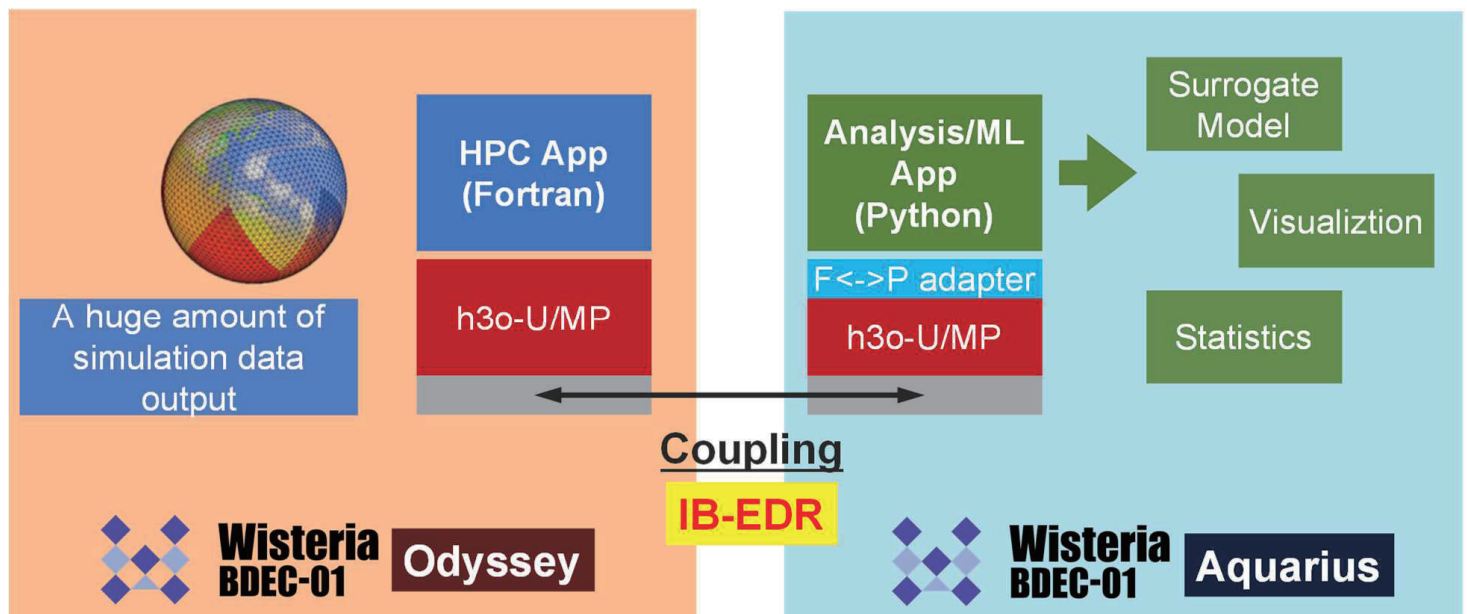
20

Multiphysicsカプラー: 大気・海洋連成 [Sato et al. 2017]



21

h3-Open-UTIL/MP (h3o-U/MP) 計算・機械学習を連成するカプラー

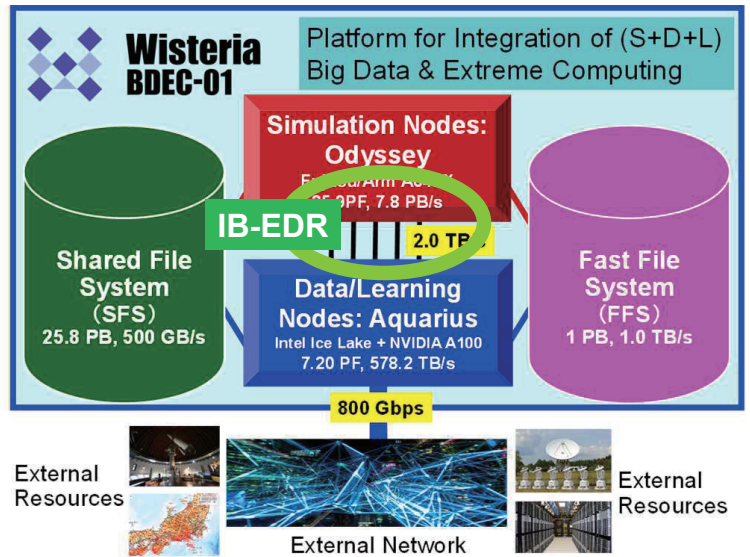


22

h3-Open-SYS/WaitIO (WaitIO)



- Wisteria/BDEC-01
 - Aquarius (GPU: NVIDIA A100)
 - Odyssey (CPU: A64FX)
- Odyssey-Aquarius統合
 - 単一MPIプログラムでは不可能
- Odyssey-Aquarius間結合
 - IB-EDR & 高速ファイルシステム (FFS)
 - h3-Open-SYS/WaitIO (WaitIO)
 - ノード群間通信のための, MPIライクなインタフェースを有するライブラリ
 - 各ノード群内はMPIで通信
 - WaitIO-Socket: IB-EDR: 小容量データ
 - IBのライブラリを利用
 - WaitIO-File: FFS: 大容量データ
 - WaitIO-Hybrid: (IB-EDR/FFS) 自動切り替え



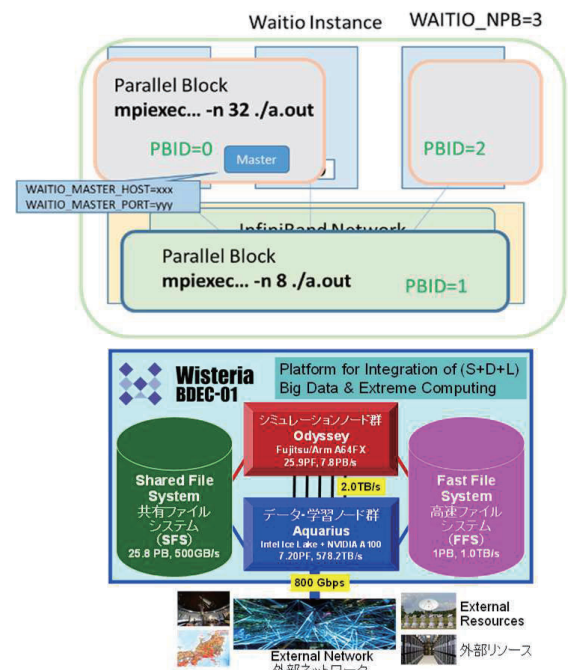
23

h3-Open-SYS/WaitIO-Socket (WaitIO)

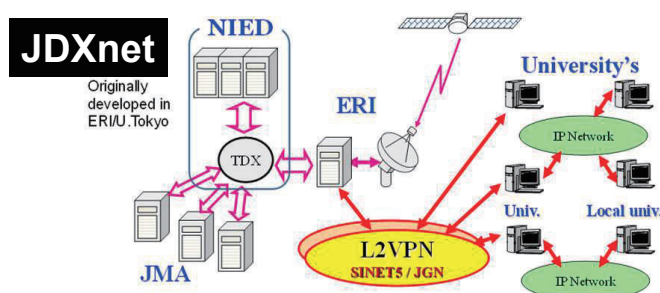
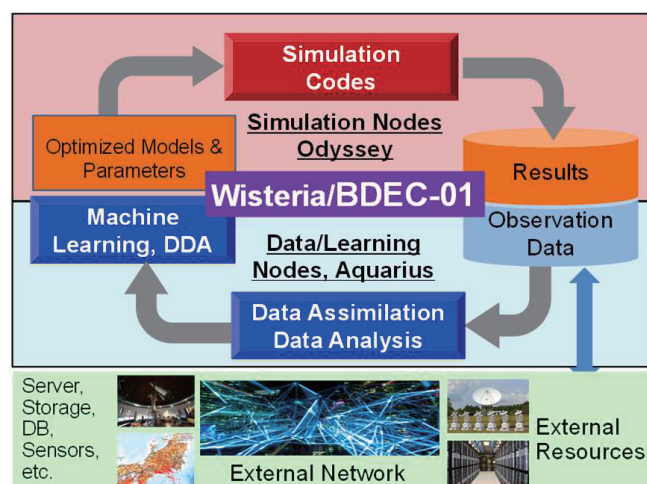
[住元他 2021]

Odyssey-Aquarius間IB-EDR(2.0TB/sec)/FFS(1.0TB/sec)経由通信をMPIライクなインタフェースで実現: Fortran, C/C++から呼び出し可能

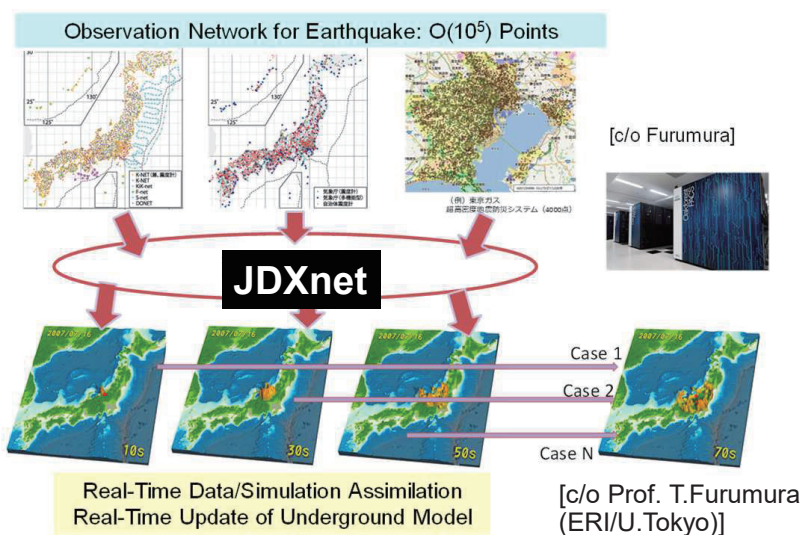
WaitIO API	Description
waitio_isend	Non-Blocking Send
waitio_irecv	Non-Blocking Receive
waitio_wait	Termination of waitio_isend/irecv
waitio_init	Initialization of WaitIO
waitio_get_nprocs	Process # for each PB (Parallel Block)
waitio_create_group	Creating communication groups among PB's
waitio_create_group_wranks	
waitio_group_rank	Rank ID in the Group
waitio_group_size	Size of Each Group
waitio_pb_size	Size of the Entire PB
waitio_pb_rank	Rank ID of the Entire PB



- 「計算・データ・学習」融合事例
- リアルタイムデータ同化・3D強震動シミュレーションの融合
- 全球雲物理(シミュレーション+AI)
- アンサンブル連成(Ensemble Coupling)



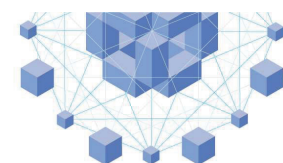
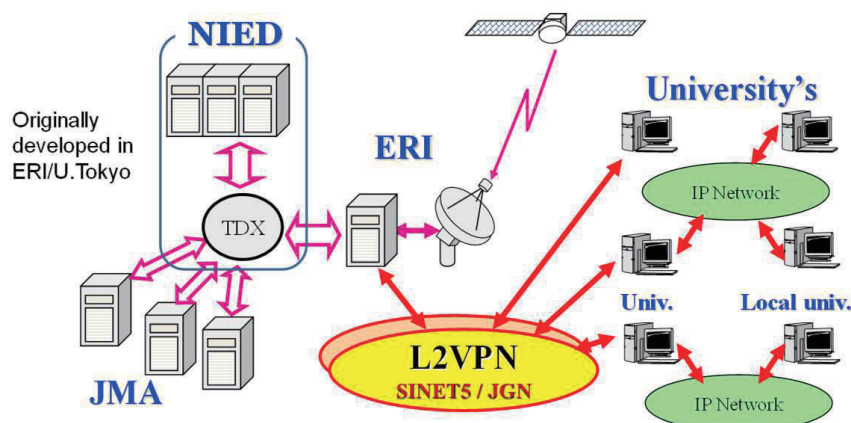
リアルタイムデータ同化＋ 3D強震動シミュレーション融合 JDXnetによるリアルタイム観測データ活用



Real-Time Sharing of Seismic Observation is possible in Japan by JDXnet with SINET

Japan Data eXchange network

- Seismic Observation Data (100Hz/3-dir's/O(10³) observation points) by JDXnet is available through SINET in Real Time
 - O(10²) GB/day: available at Website of NIED
 - O(10⁵) pts in future including stations operated by industry



[c/o Prof. H. Tsuruoka
(ERI/U. Tokyo)]

Real-Time Assimilation of “Observation+Computation” in Seismic Wave Propagation [c/o Oba & Furumura]

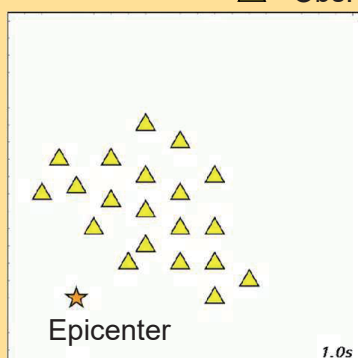
- Data Assimilation of Wave Propagation by “Optimal Interpolation Technique”

$$\begin{aligned}
 & \text{Assim. Comp.} \quad \text{Residual} \quad \text{Obs.} \quad \text{Comp.} \quad n: \text{Time Step} \\
 & x_n^a = x_n^f + W(y_n - Hx_n^f) \\
 & \text{Comp.} \quad \text{Assim.} \\
 & x_{n+1}^f = Fx_n^a
 \end{aligned}$$

W : Weighting Matrix
 F : Wave Propagation simulation

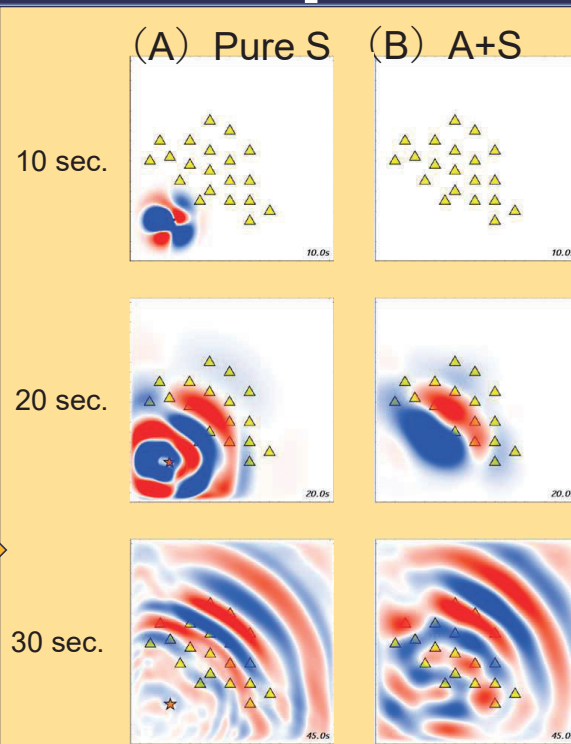
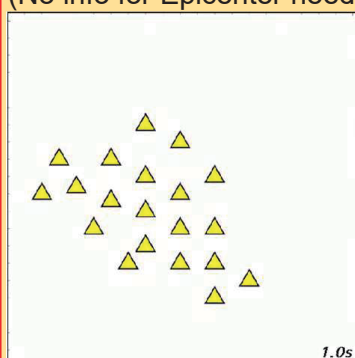
(A) Pure Simulation

△: Obs. Pts.



(B) Assimilation+Sim.

(No info for Epicenter needed)



Real-Time Assimilation of “Observation+Computation” in Seismic Wave Propagation [c/o Oba & Furumura]

29

• Data Assimilation of Wave Propagation by “Optimal Interpolation Technique”

$$\begin{aligned} \text{Assim. Comp.} \quad x_n^a &= x_n^f + W(y_n - Hx_n^f) \\ \text{Comp. Assim.} \quad x_{n+1}^f &= Fx_n^a \end{aligned}$$

n : Time Step
 W : Weighting Matrix
 F : Wave Propagation simulation

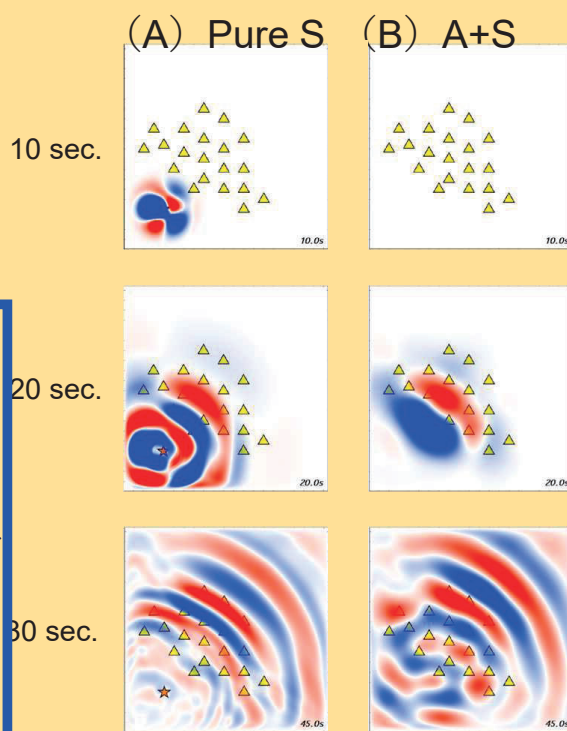
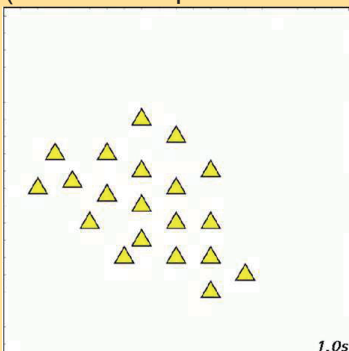
(A) Pure Simulation

(B) Assimilation+Sim.

Δ : Obs. P. s. (No info for Epicenter needed)

Initial Conditions are created by Interpolation of Observed Results

★
Epicenter
1.0s



29

Seism3D/OpenSWPC-DAF

初期:リアルタイムデータ同化+シミュレーション(A+S)

後半:シミュレーションのみ(Pure S)

[古村孝志教授(東大・地震研)]

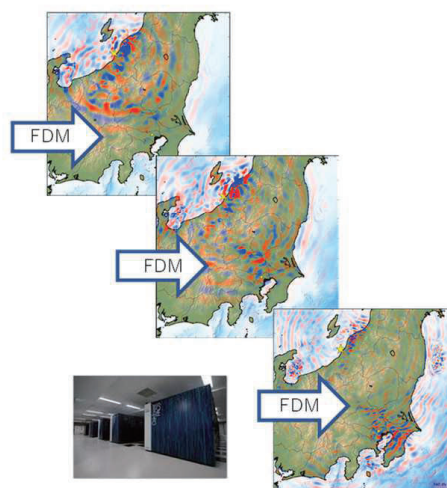
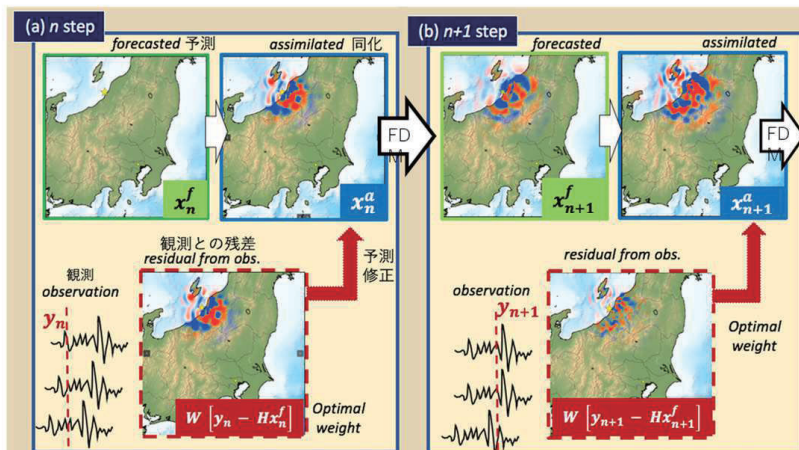
Wisteria/BDEC-01開発のきっかけ(2017年)

$$\begin{aligned} \text{Assim. Comp.} \quad x_n^a &= x_n^f + W(y_n - Hx_n^f) \\ \text{Comp. Assim.} \quad x_{n+1}^f &= Fx_n^a \end{aligned}$$

n : Time Step
 W : Weighting Matrix
 F : Wave Propagation simulation

(A+S) Assimilation+Simulation

(Pure S) Pure Simulation/Forecast

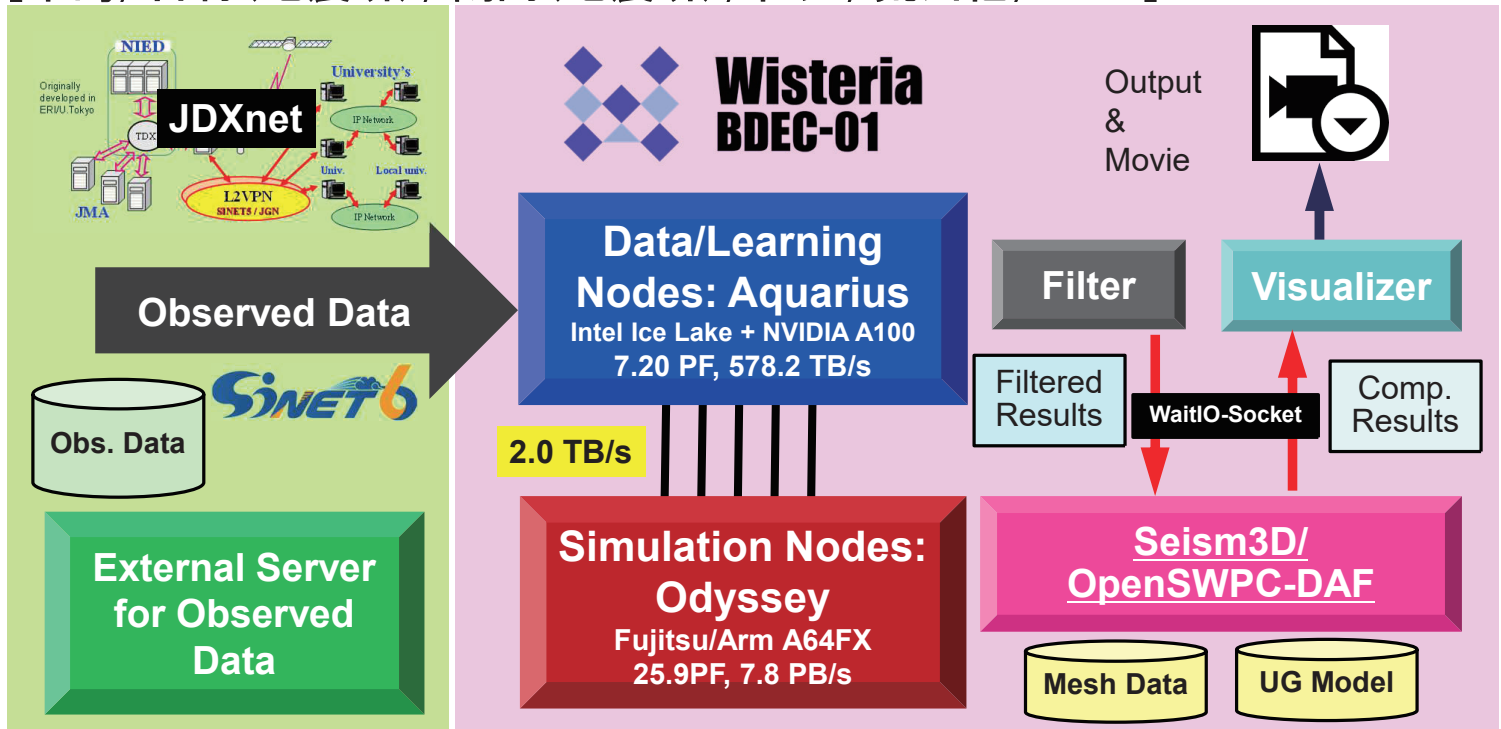


[c/o Prof. T. Furumura, ERI/U.Tokyo]

30

長周期地震動シミュレーション＋観測データ同化

[中島, 古村(地震研), 鶴岡(地震研), 住元, 荒川他, 2022]



Communications by WaitIO-Socket

[Kasai et al. 2021]

Aquarius: SEND

```

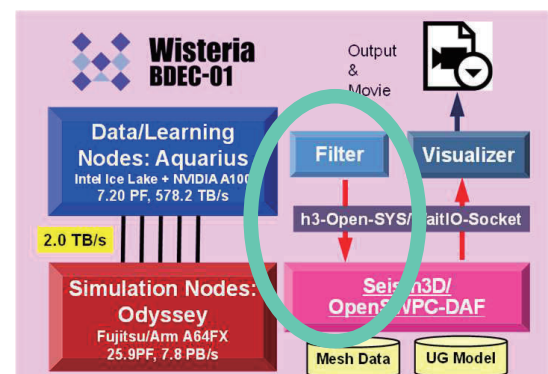
program dmy_filter
<省略: 型宣言等>
call mpi_init (ierr)
call mpi_comm_size (MPI_COMM_WORLD, nprocs, ierr)
call mpi_comm_rank (MPI_COMM_WORLD, myrank, ierr)
call WAITIO_CREATE_UNIVERSE (WAITIO_COMM_UNIVERSE, ierr)

if (myrank==0) then
  open(100,file='./obsfile_list.txt', form='formatted', status='old', iostat=ierr)
  do i=1,300
    <省略: obsデータ読み込み処理>
    print *, "Send obs data ....."
    call WAITIO_MPI_SEND (NTMAX1_o, 1, WAITIO_MPI_INTEGER, 2,1, WAITIO_COMM_UNIVERSE, req(1,1), ierr)
    call WAITIO_MPI_SEND (DT_o, 1, WAITIO_MPI_FLOAT, 2,2, WAITIO_COMM_UNIVERSE, req(1,2), ierr)
    call WAITIO_MPI_SEND (NST_o, 1, WAITIO_MPI_INTEGER, 2,3, WAITIO_COMM_UNIVERSE, req(1,3), ierr)
    call WAITIO_MPI_SEND (AT_o, 1, WAITIO_MPI_FLOAT, 2,4, WAITIO_COMM_UNIVERSE, req(1,4), ierr)
    call WAITIO_MPI_SEND (T0_o, 1, WAITIO_MPI_FLOAT, 2,5, WAITIO_COMM_UNIVERSE, req(1,5), ierr)
    call WAITIO_MPI_SEND (ISO_X_o, NSMAX, WAITIO_MPI_INTEGER, 2,6, WAITIO_COMM_UNIVERSE, req(1,6), ierr)
    call WAITIO_MPI_SEND (ISO_Y_o, NSMAX, WAITIO_MPI_INTEGER, 2,7, WAITIO_COMM_UNIVERSE, req(1,7), ierr)
    call WAITIO_MPI_SEND (ISO_Z_o, NSMAX, WAITIO_MPI_INTEGER, 2,8, WAITIO_COMM_UNIVERSE, req(1,8), ierr)
    call WAITIO_MPI_SEND (ISTX_o, NST, WAITIO_MPI_INTEGER, 2,9, WAITIO_COMM_UNIVERSE, req(1,9), ierr)
    call WAITIO_MPI_SEND (ISTY_o, NST, WAITIO_MPI_INTEGER, 2,10, WAITIO_COMM_UNIVERSE, req(1,10), ierr)
    call WAITIO_MPI_SEND (ISTZ_o, NST, WAITIO_MPI_INTEGER, 2,11, WAITIO_COMM_UNIVERSE, req(1,11), ierr)
    call WAITIO_MPI_SEND (STC_o, 6*NST, WAITIO_MPI_INTEGER, 2,12, WAITIO_COMM_UNIVERSE, req(1,12), ierr)
    call WAITIO_MPI_SEND (VxAll_obs, NST*NOBS_LEN, WAITIO_MPI_FLOAT, 2,13, WAITIO_COMM_UNIVERSE, req(1,13), ierr)
    call WAITIO_MPI_SEND (VyAll_obs, NST*NOBS_LEN, WAITIO_MPI_FLOAT, 2,14, WAITIO_COMM_UNIVERSE, req(1,14), ierr)
    call WAITIO_MPI_SEND (VzAll_obs, NST*NOBS_LEN, WAITIO_MPI_FLOAT, 2,15, WAITIO_COMM_UNIVERSE, req(1,15), ierr)
    call WAITIO_MPI_WAITALL (15, req, status, ierr)
  enddo
  close (100)
endif
call WAITIO_FINALIZE (ierr)
call mpi_finalize (ierr)
end
  
```

Odyssey: RECV

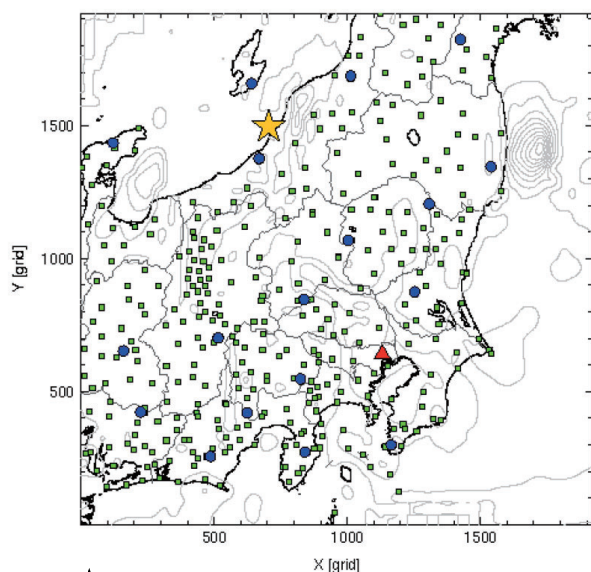
```

call WAITIO_MPI_RECV (NTMAX1_o, 1, WAITIO_MPI_INTEGER, 0,1, WAITIO_COMM_UNIVERSE, ...)
call WAITIO_MPI_RECV (DT_o, 1, WAITIO_MPI_FLOAT, 0,2, WAITIO_COMM_UNIVERSE, ...)
call WAITIO_MPI_RECV (NST_o, 1, WAITIO_MPI_INTEGER, 0,3, WAITIO_COMM_UNIVERSE, ...)
call WAITIO_MPI_RECV (AT_o, 1, WAITIO_MPI_FLOAT, 0,4, WAITIO_COMM_UNIVERSE, ...)
call WAITIO_MPI_RECV (T0_o, 1, WAITIO_MPI_FLOAT, 0,5, WAITIO_COMM_UNIVERSE, ...)
call WAITIO_MPI_RECV (ISO_X_o, NSMAX, WAITIO_MPI_INTEGER, 0,6, WAITIO_COMM_UNIVERSE, ...)
call WAITIO_MPI_RECV (ISO_Y_o, NSMAX, WAITIO_MPI_INTEGER, 0,7, WAITIO_COMM_UNIVERSE, ...)
call WAITIO_MPI_RECV (ISO_Z_o, NSMAX, WAITIO_MPI_INTEGER, 0,8, WAITIO_COMM_UNIVERSE, ...)
call WAITIO_MPI_RECV (ISTX_o, NST, WAITIO_MPI_INTEGER, 0,9, WAITIO_COMM_UNIVERSE, ...)
call WAITIO_MPI_RECV (ISTY_o, NST, WAITIO_MPI_INTEGER, 0,10, WAITIO_COMM_UNIVERSE, ...)
call WAITIO_MPI_RECV (ISTZ_o, NST, WAITIO_MPI_INTEGER, 0,11, WAITIO_COMM_UNIVERSE, ...)
call WAITIO_MPI_RECV (STC_o, 6*NST, WAITIO_MPI_INTEGER, 0,12, WAITIO_COMM_UNIVERSE, ...)
call WAITIO_MPI_RECV (VxAll_obs, NST*NOBS_LEN, WAITIO_MPI_FLOAT, 0,13, WAITIO_COMM_UNIVERSE, ...)
call WAITIO_MPI_RECV (VyAll_obs, NST*NOBS_LEN, WAITIO_MPI_FLOAT, 0,14, WAITIO_COMM_UNIVERSE, ...)
call WAITIO_MPI_RECV (VzAll_obs, NST*NOBS_LEN, WAITIO_MPI_FLOAT, 0,15, WAITIO_COMM_UNIVERSE, ...)
  
```



2007年新潟県中越沖地震(Mw=6.6)

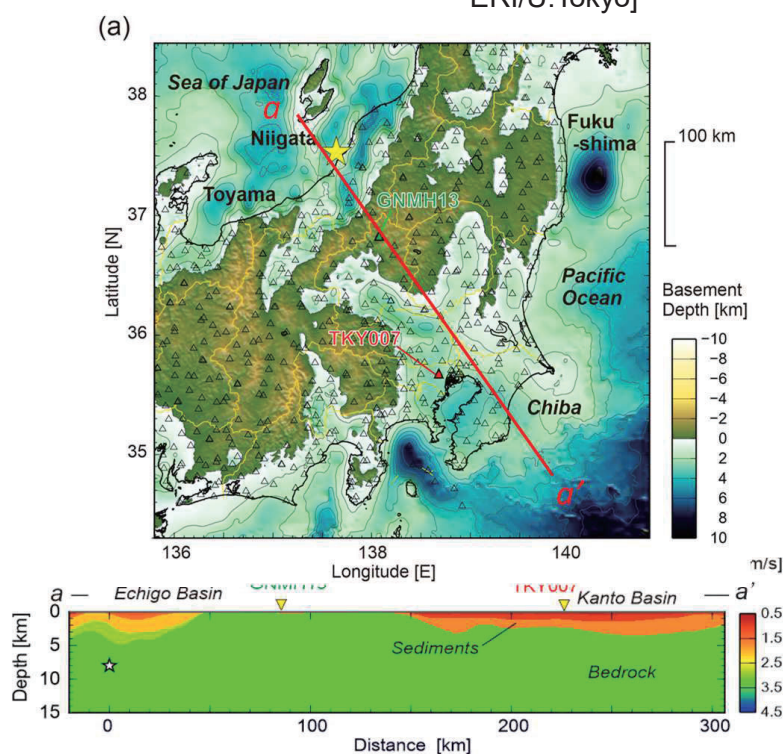
[c/o Prof. T. Furumura,
ERI/U.Tokyo]



★ 震源 (Epicenter)

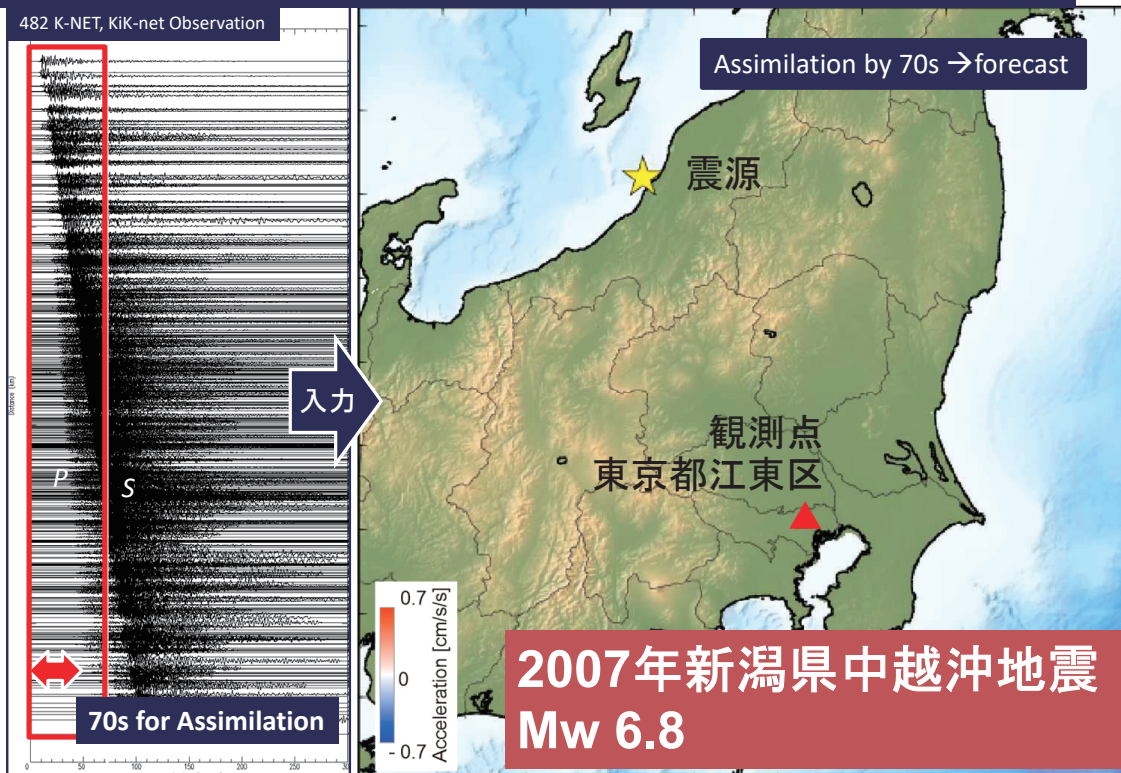
■ Hi-net (Short Period) 349 pts

● F-net (Broadband) 18 pts

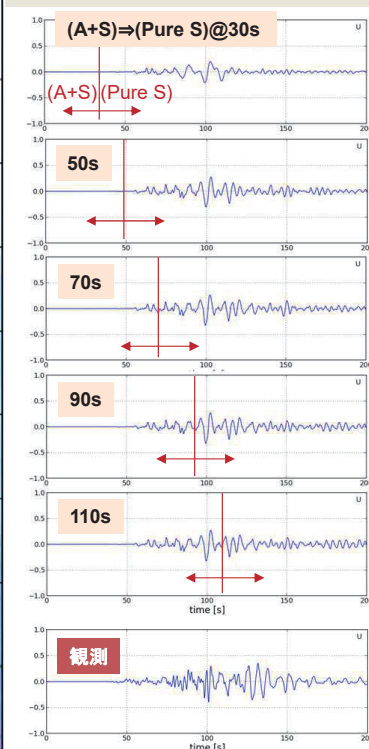


長周期地震動シミュレーション+観測データ同化

482 K-NET, KiK-net Observation



Results at Kotoh ▲ (N.KOTH)
N 35° 37.0'
E 139° 46.9'

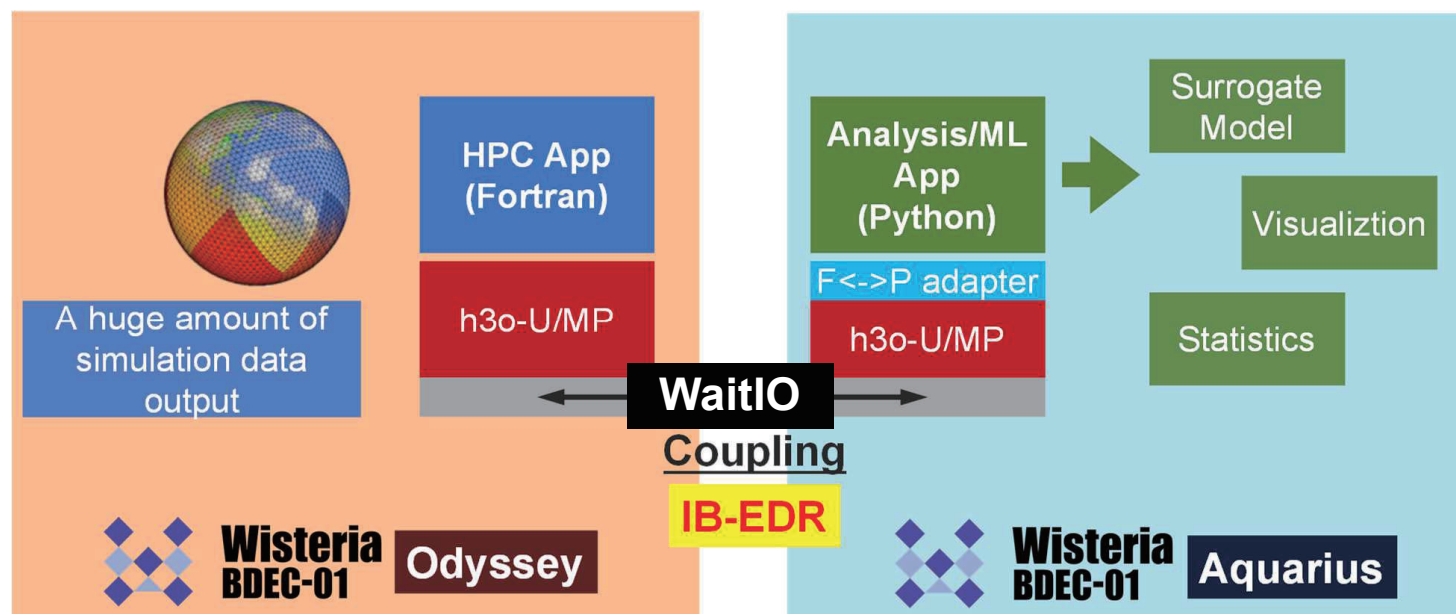


- 「計算・データ・学習」融合事例
- リアルタイムデータ同化・3D強震動シミュレーションの融合
- 全球雲物理(シミュレーション+AI)
- アンサンブル連成(Ensemble Coupling)

h3-Open-UTIL/MP

大気・海洋連成用カプラーの拡張

WaitIOとの連携: 計算(Odyssey)・学習/推論(Aquarius)連成



[住元, 荒川, 八代(環境研)他 2022]

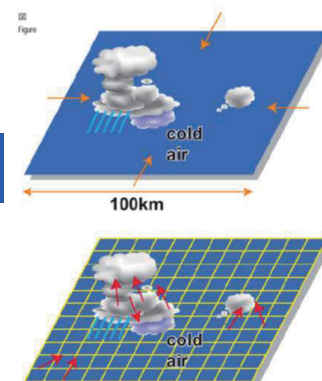
全球雲物理シミュレーション

細分化格子モデル+粗格子モデル(パラメタリゼーション)

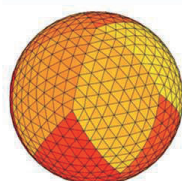
全体の計算量の25%を占める粗格子モデルをAIで置き換える

高精度シミュレーション: Odyssey (NICAM in Fortran)

学習・推論: Aquarius (PyTorch: 3-Layer Perceptron)



Odyssey



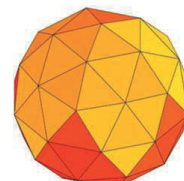
Physical process

Input
Coupling with
Grid Remapping
Output

ML App
(Python)

Coupling without
Grid Remapping

Aquarius



Low Resolution Atmospheric Model
(Convection-Parameterization Mode)

75%

25%

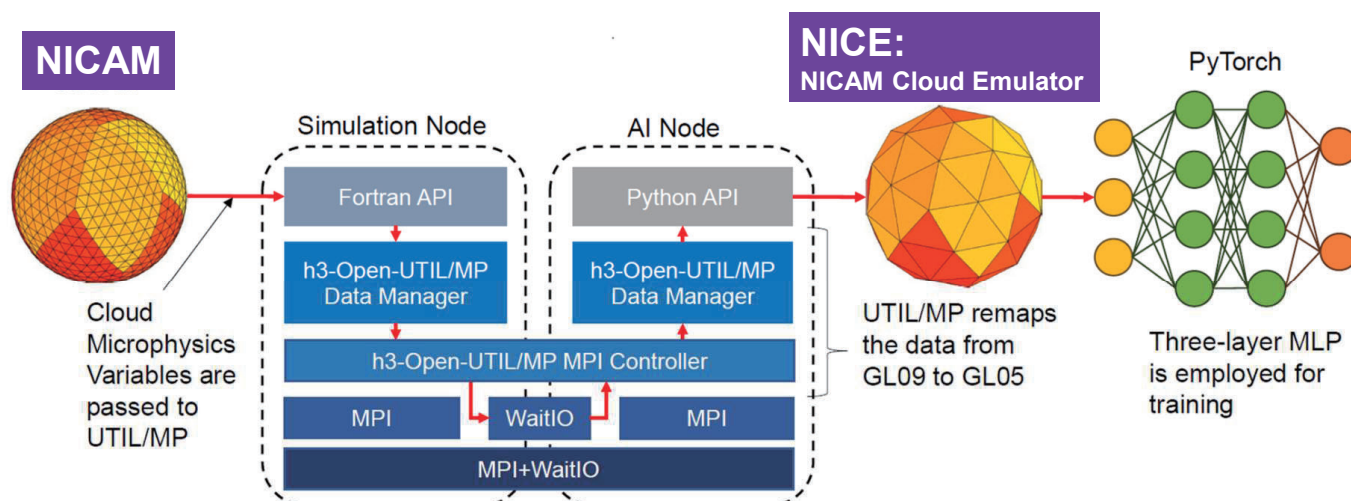
Coupling Phase 1
Training with high-resolution
NICAM data

Coupling Phase 2
Replacing Physical Process
in Low-Resolution NICAM
with Machine Learning

Diagram of applying ML to an atmospheric model

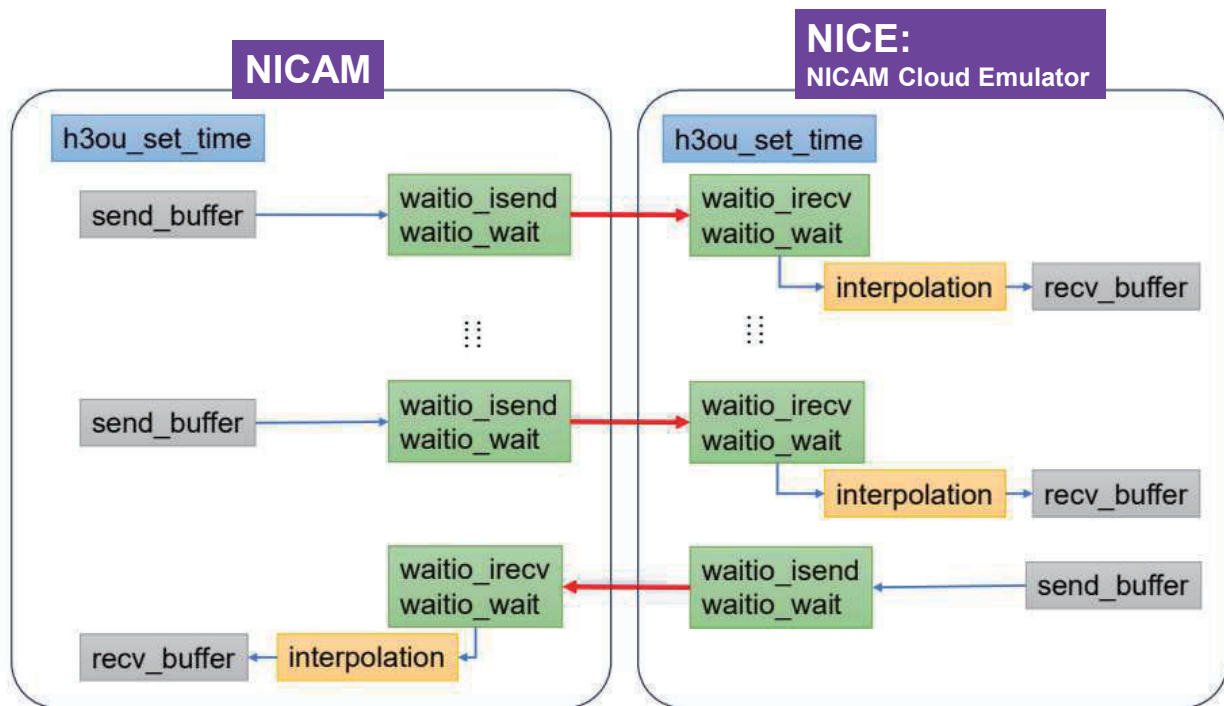
[荒川, 八代(環境研), 中島 2022]

現状: 高解像度モデルによるシミュレーションに基づく 学習(Training)に注目

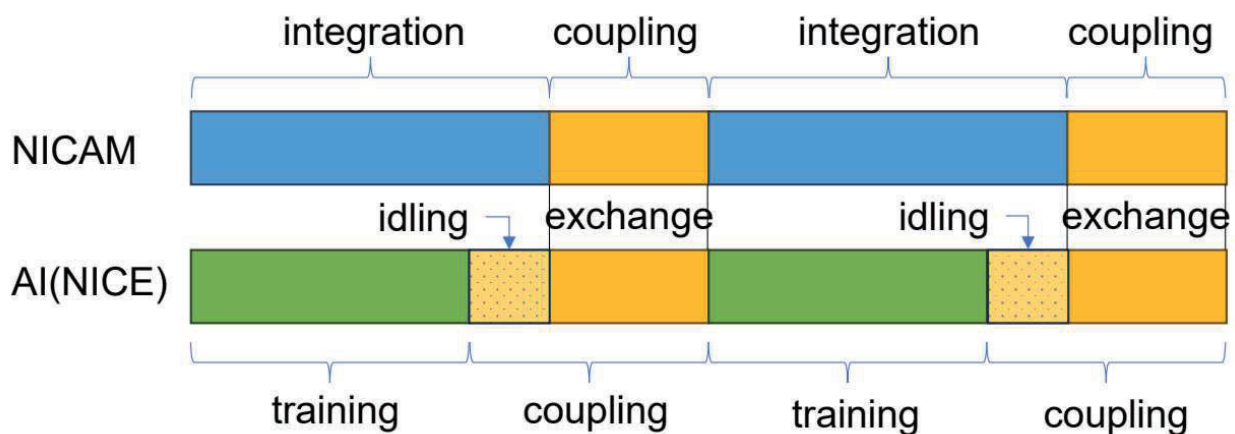


[Arakawa et al. SCA/HPCAsia 2026 Poster] (in press)

NICAM-NICE Interface using h3-Open-BDEC



Overlapped/Pipelined Simulation-Training is possible

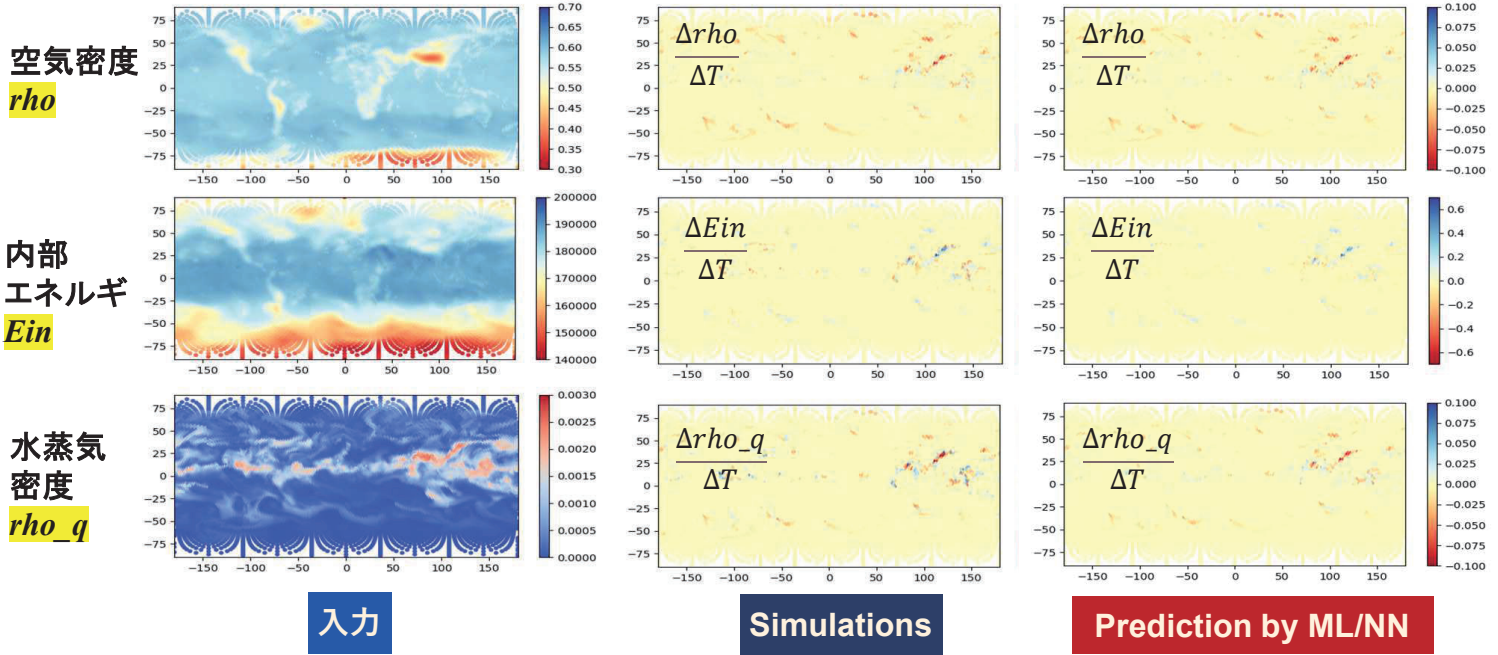


シミュレーションとAIの比較

入力: 空気密度, 内部エネルギー, 水蒸気密度

出力: その時間方向勾配, 傾向は良く捉えられている

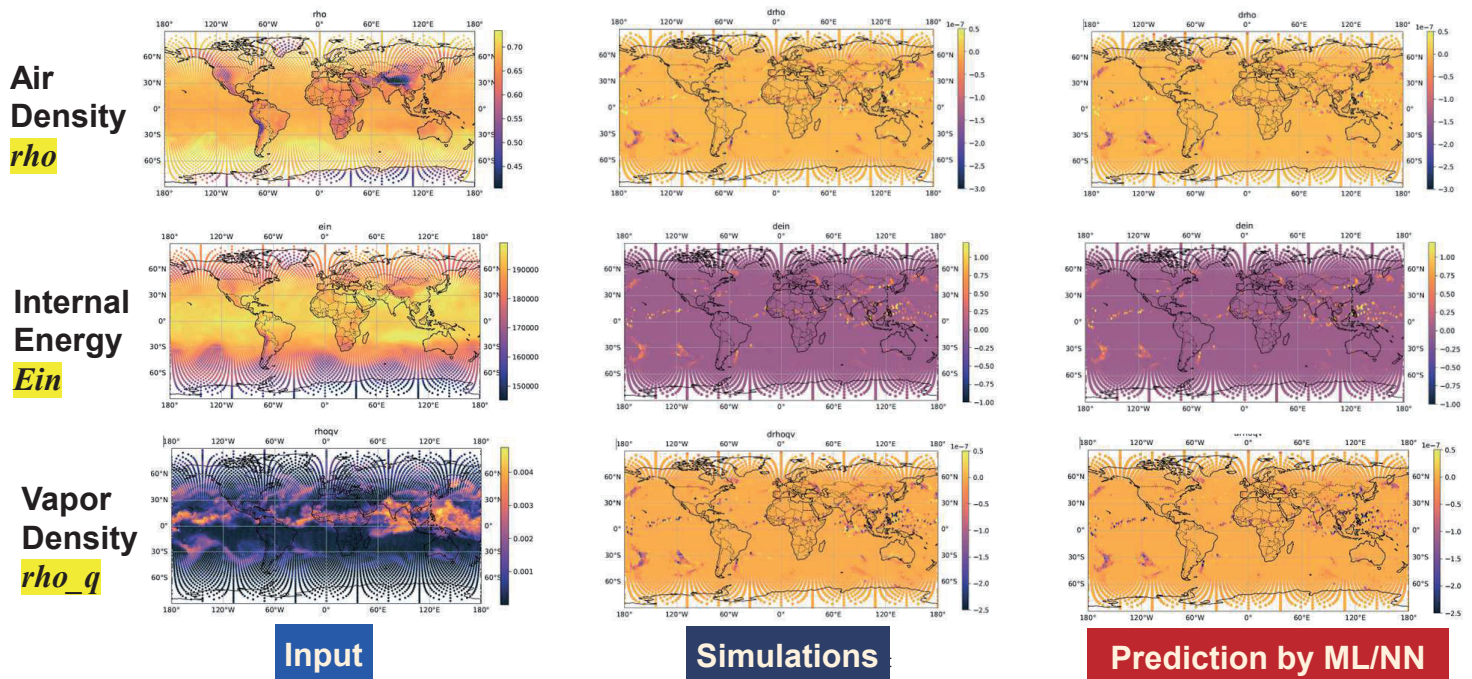
[荒川, 八代(環境研), 中島 2022]



Comparison: Simulations and AI [2025]

[Arakawa et al.
SCA/HPCAsia 2026
Poster] (in press)

5 parameters were added for Training the Model of 3 Parameters

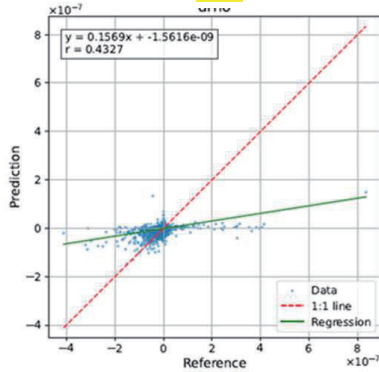


2022
3 parameters
for 3 variables

[Arakawa et al.
SCA/HPCAsia 2026
Poster] (in press)

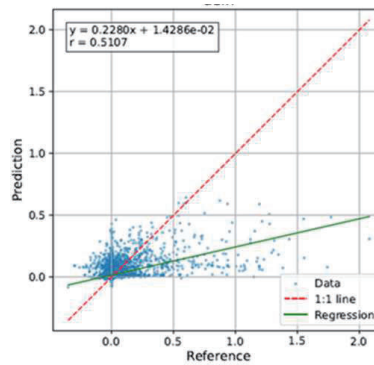
Air Density

ρ_{air}



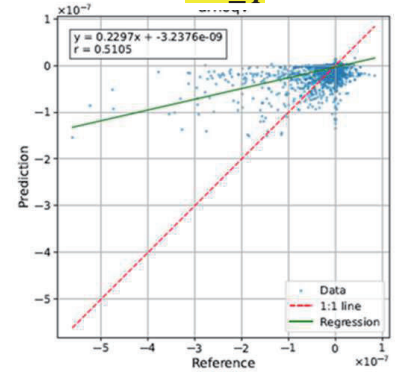
Internal Energy

E_{in}



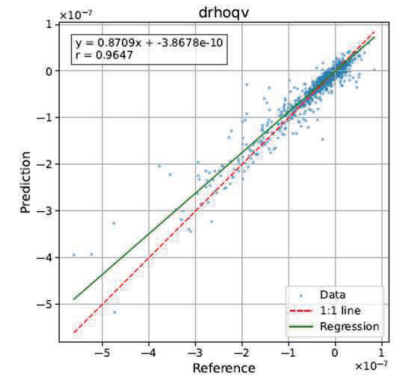
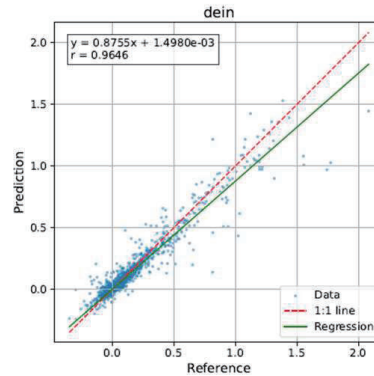
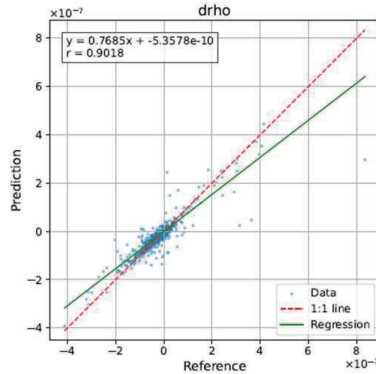
Vapor Density

$\rho_{v,q}$



2025
8 parameters
for 3 variables

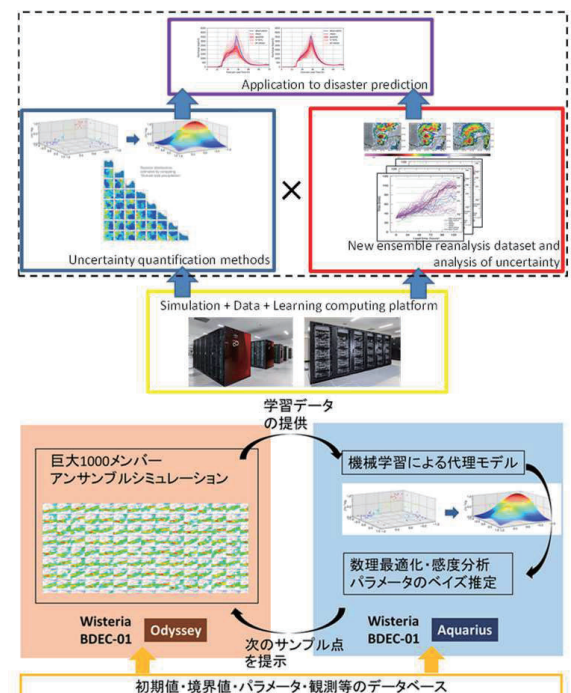
Density of:
Cloud Water
Rain, Ice, Snow
Graupel



極端気象現象予測における不確実性の起源の解明

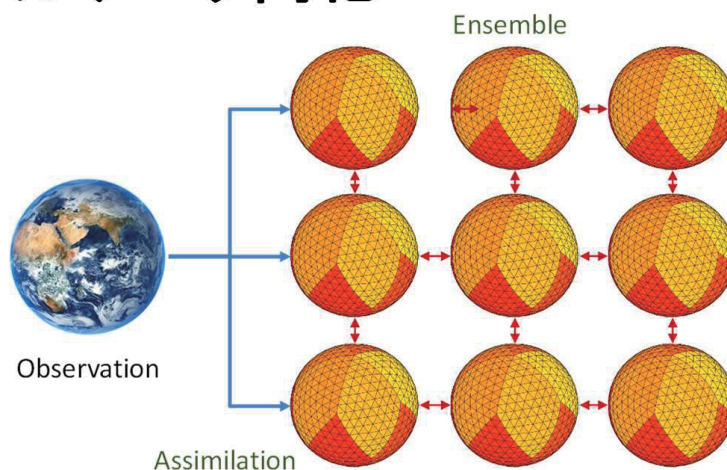
澤田洋平准教授(東大・工学系)

- 東大AI-for-Science(2020-2021年度)
- JHPCN共同研究課題(2022-, 2025も採択)
- 極端(激甚)気象シミュレーションの不確実性定量化手法の確立
 - Uncertainty Quantification of Extreme Weather Prediction
- 不確実性情報を付加した極端気象データセットの整備と解析
 - 現在はWisteria/BDEC-01上で「データ駆動型アプローチ」を適用
 - 将来的には生成AIを適用
 - 基盤モデル生成フレームワーク向けベンチマーク(アプリケーション)



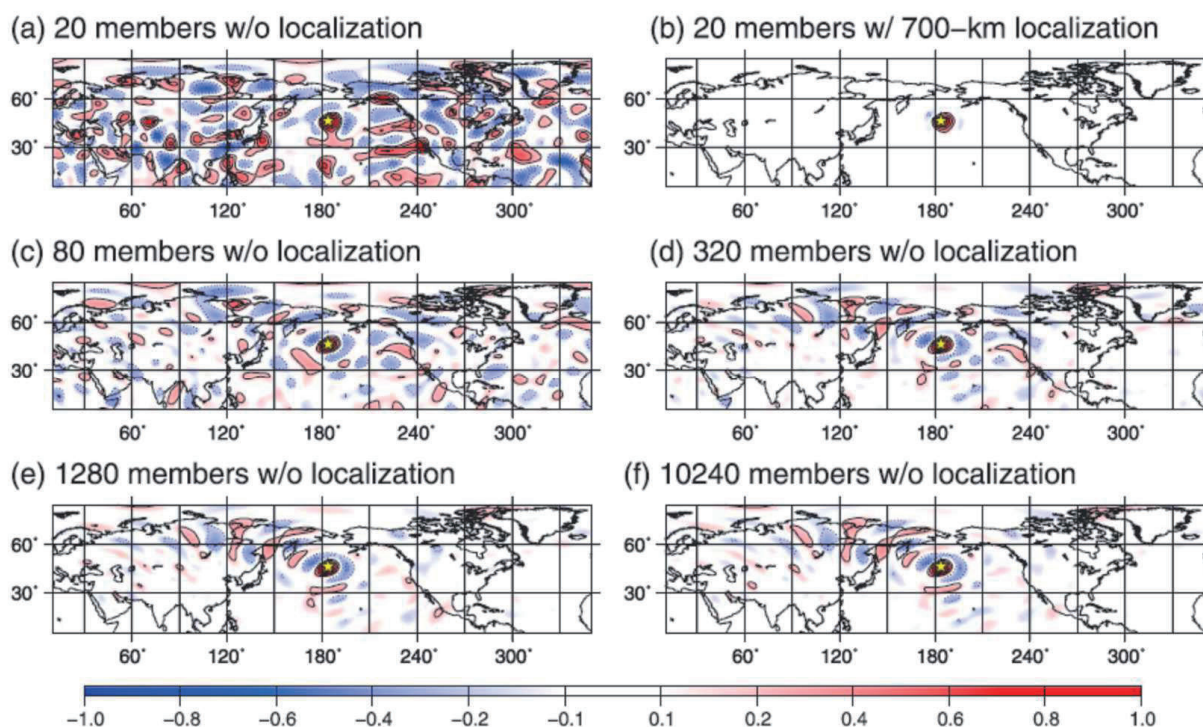
- 「計算・データ・学習」融合事例
- リアルタイムデータ同化・3D強震動シミュレーションの融合
- 全球雲物理(シミュレーション+AI)
- アンサンブル連成(Ensemble Coupling)

アンサンブルデータ同化



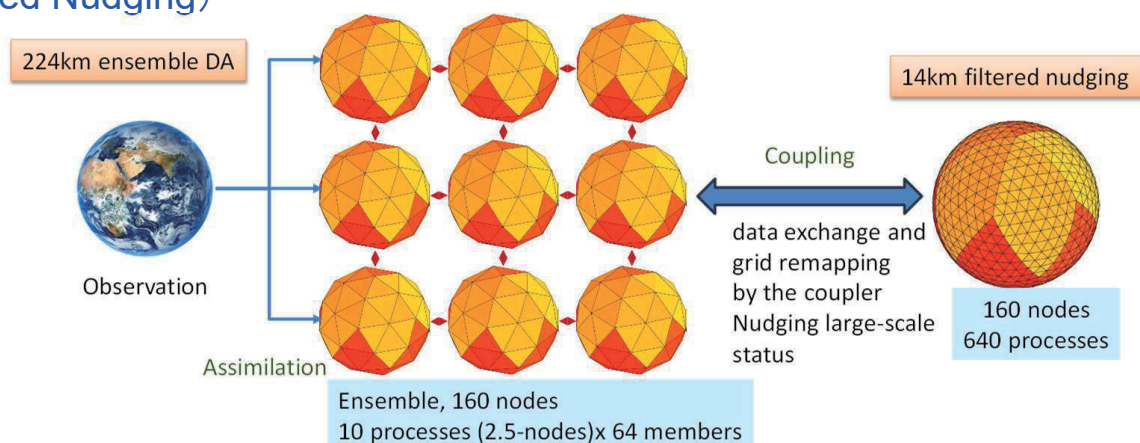
- 全地球規模の気象・気候シミュレーションでは、パラメータスタディ(アンサンブル計算)とデータ同化を組み合わせた、アンサンブルデータ同化(Ensemble-based Data Assimilation)が広く使用されている。
 - $O(10^3)$ ケース程度のアンサンブル計算を実施すれば、高精度な予測が可能であるが、高解像度モデルを使用したアンサンブルデータ同化(高解像アンサンブル)では、計算機リソース、計算時間を考慮すると $O(10^2)$ ケース程度が現実的である[Miyoshi 2014]

アンサンブルデータ同化 [Miyoshi et al. 2014]



アンサンブル連成 (Ensemble Coupling) (1/2)

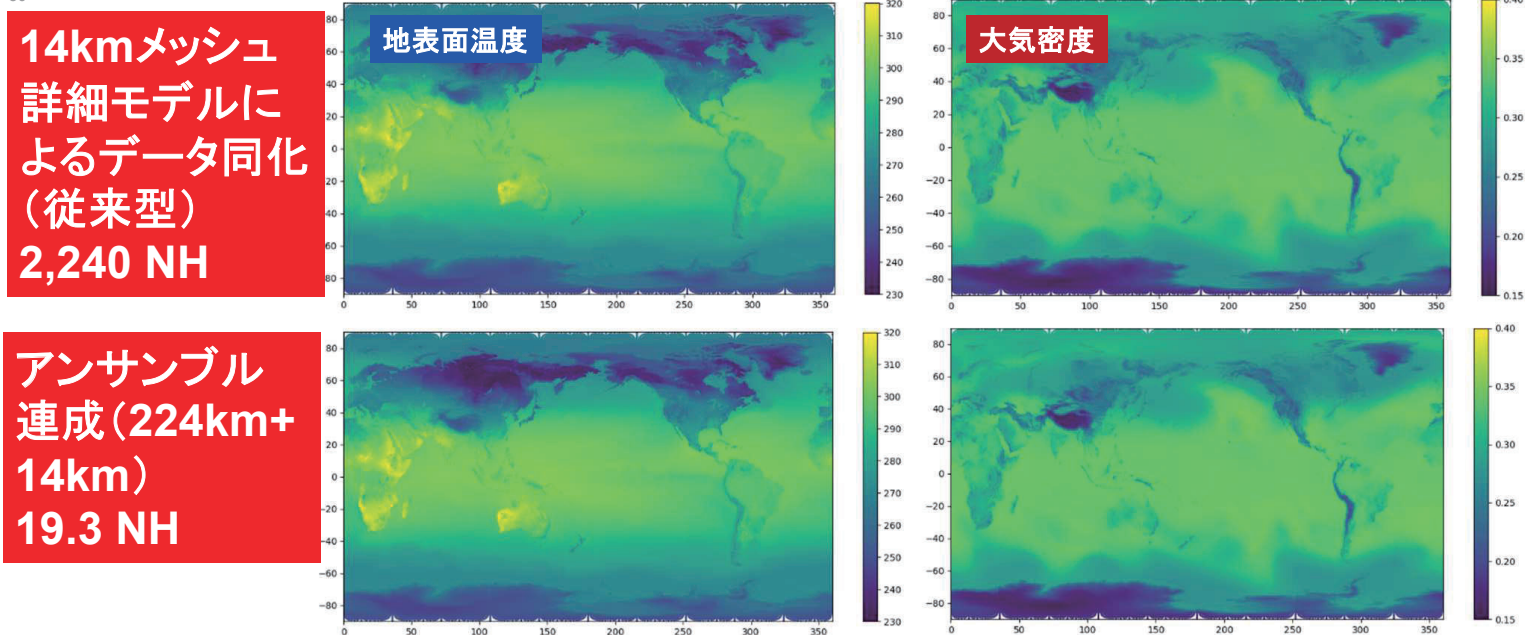
- アンサンブル連成 (Ensemble Coupling) はアンサンブル計算と連成計算を組み合わせたものである。
 - この機能を用いると例えば大気モデルアンサンブルと海洋モデルアンサンブルを連成させた大気海洋アンサンブル連成が可能となり高い再現性を得ることが期待できる。
 - 本研究では、低解像度大気モデルアンサンブルと高解像度大気モデルの連成を実施 (Filtered Nudging)



アンサンブル連成(Ensemble Coupling)(2/2)

- 低解像度アンサンブル・高解像度連成により, 高解像度大気モデルのアンサンブル計算に比して計算リソースを大幅に削減することが可能となる。
- さらに, 大域的な場の再現性に優れた低解像度モデルと, 詳細な場の再現性に優れた高解像度モデルを連成することにより, 高解像度モデル単体のアンサンブル計算に比してより高い再現性を得ることが可能となる。
- 大気モデルNICAMによる検証
 - ✓ 低解像度側: 水平解像度約220kmのモデルを「64」アンサンブル
 - ✓ 高解像度側: 水平解像度約14kmの単体モデル
 - ✓ Wisteria/BDEC-01のOdysseyノード群を用いモデル時間9時間の積分で用いたリソースは19.3ノード時間であった(FP32)
 - この結果は高解像度モデルを64アンサンブルで9時間積分した場合の使用リソース2,240ノード時間(FP64)に対して112倍の効率化を達成したことを意味する。
 - 1,000アンサンブル相当のアンサンブル連成を64アンサンブルよりも短い時間(10分の1程度)で実施可能

50



- 9時間積分ではアンサンブル計算と単体実行で差異はなく, アンサンブル計算でも妥当な結果(3日積分でも確認⇒HPC Asia 2025 Paper)
- 詳細な再現性の検証については気候場の比較が必要, 1ヶ月程度の積分と気象学的な解析が要求される



HPC Asia
2025
Paper

令和7年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞受賞(科学技術振興部門)

計算／データ／学習の融合による革新的計算科学手法の振興
(中島研吾, 住元真司, 荒川 隆, 下川邊隆史, 埴 敏博)



- 「計算・データ・学習(S+D+L)」融合
 - Wisterea/BDEC-01
 - Miyabi
 - h3-Open-BDEC
 - **JHPC-quantum**
- 「富岳NEXT」におけるアプリケーションとプログラミング
- まとめ

量子・スパコン連携プラットフォーム(JHPC-quantum)

<http://jhpc-quantum.org/>

- JHPC-quantum (FY.2023-FY.2028)
 - 理研R-CCS, ソフトバンク, 東大, 阪大
 - 経産省・NEDOポスト5G関連事業, 産業応用への期待
- 2基の量子コンピュータ(QC)を導入(2025年)
 - IBM(超伝導型), 156+Qubit, 理研神戸(6月)
 - Quantinuum(Ion-Trap型), 20+Qubit, 理研和光(2月)
- 量子・HPCハイブリッド連携
 - QCを加速装置として扱う
 - 量子科学, 量子機械学習
- 東大の役割: 連携環境向けシステムソフトウェア
 - h3-Open-BDECの拡張
- 2025年秋以降: 富岳・Miyabiと量子コンピュータの連携開始



QUANTINUUM



CPU		GPU		Others	
A64FX Arm	X86	NVIDIA Intel AMD Arm	AMD Intel	Sambanova Cerebras Graphcore etc.	Quantum
h3-Open-SYS/WaitIO					



Miyabi-C/Miyabi-Gに量子・HPC ハイブリッド連携のシミュレーショ ン環境を構築

NVIDIA CUDA-Q on Miyabi-G

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



『CUDA-Q+Miyabi』で 『量子・HPCハイブリッド』を体験してみよう！



- 2025年5月26日 : Miyabi (Miyabi-G, Miyabi-C)
 - 疑似「量子・HPCハイブリッド環境」でVQE (Variational Quantum Eigensolver)を体験
 - 12月22日に第2回を実施



10:00-10:10	挨拶＋趣旨背景
10:10-10:30	NVIDIA Quantumの紹介(座学)
10:30 - 12:00	CUDA-Q入門(座学＋演習) ログイン, すごく簡単な例
13:00 - 14:30	発展的な利用例(座学＋演習) 入門の続き, VQEの話
15:00 - 17:00	量子・HPCハイブリッド環境(座学＋演習)
17:00 - 17:30	Miyabi見学

Variational Quantum Eigensolver (VQE) 基底状態(最小エネルギー)＝最小固有値

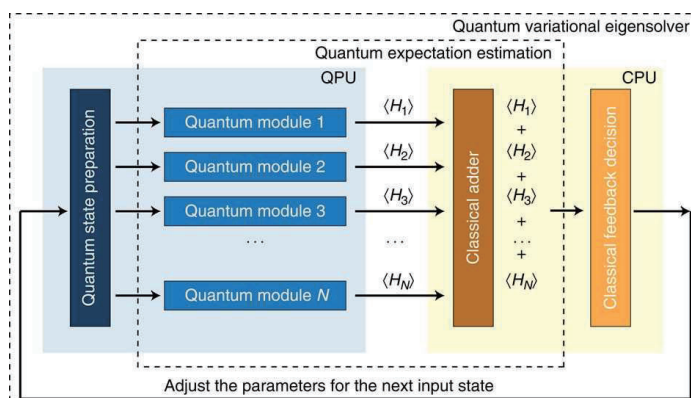
- Compute the minimum eigenvalue and its eigenvector for a matrix $H = \sum_i H_i = \sum_i a_i P_i$

P_i : Pauli matrix (sparse matrix)

Miyabi-G



CUDA-Q: QPU-agnostic platform for accelerated quantum supercomputing



Expectation value $\langle H \rangle_{\psi(\theta)}$

量子コンピュータは、入力条件生成を並列に実施するのが得意、大規模連立一次方程式・固有値求解等は不得手⇒スパコンにやらせる

Miyabi-C

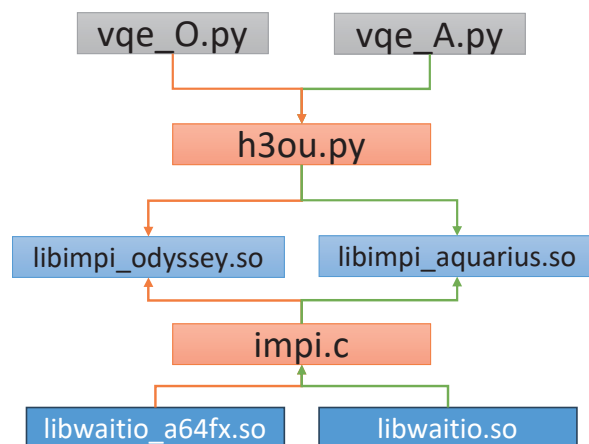
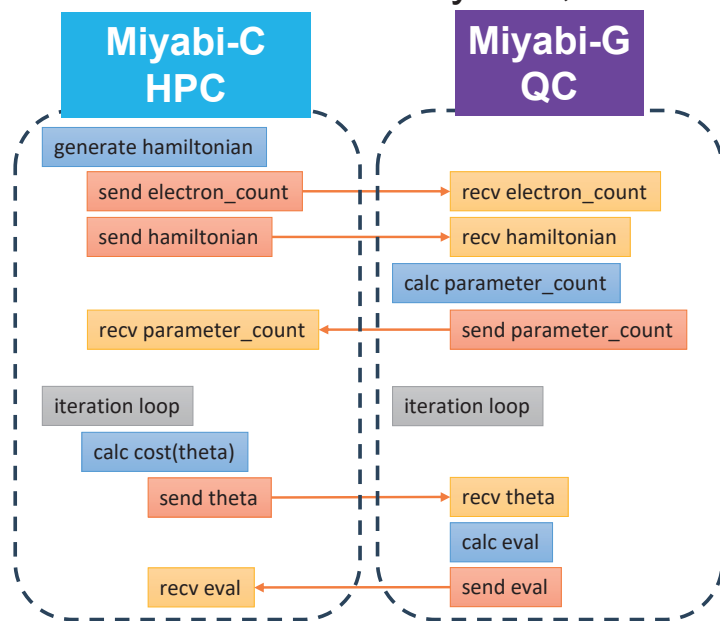


SciPy: `scipy.optimize` for adjust the parameters

Figure from Peruzzo, A., McClean, J., Shadbolt, P. et al. A variational eigenvalue solver on a photonic quantum processor. Nat Commun 5, 4213 (2014).

QC-HPC Hybrid on Miyabi

- Miyabi-C: HPC + Miyabi-G: QC
- Codes are written in Python, WaitIO with Python Interface



Variational Quantum Eigensolver (VQE)

基底状態(最小エネルギー) = 最小固有値

1. Generating quantum state $|\psi(\theta)\rangle$ on QC
2. Measuring $\langle H(\theta) \rangle = \langle \psi(\theta) | H | \psi(\theta) \rangle$
3. Based on the measured results, HPC determines θ that minimizes $\langle \psi(\theta) | H | \psi(\theta) \rangle$

By repeating these procedures until $\langle \psi(\theta) | H | \psi(\theta) \rangle$ converges, an approximate ground state is obtained.

Variational Quantum Eigensolver (VQE)

基底状態(最小エネルギー) = 最小固有値

**Aquarius
QC**

Generating quantum state $|\psi(\theta)\rangle$ on QC

Measuring $\langle H(\theta) \rangle = \langle \psi(\theta) | H | \psi(\theta) \rangle$

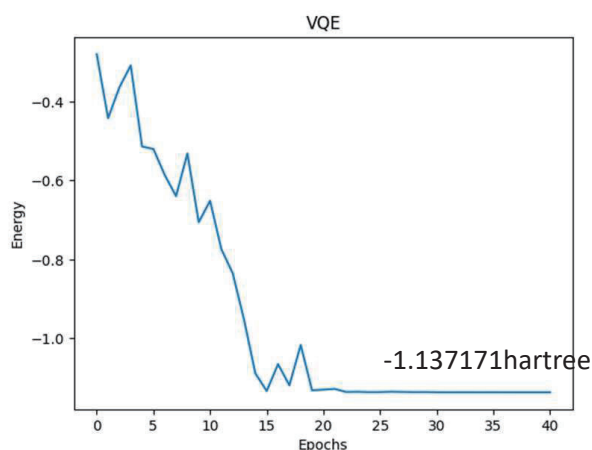
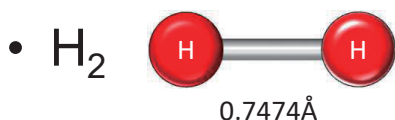
**Odyssey
HPC**

Based on the measured results, HPC determines θ that minimizes $\langle \psi(\theta) | H | \psi(\theta) \rangle$

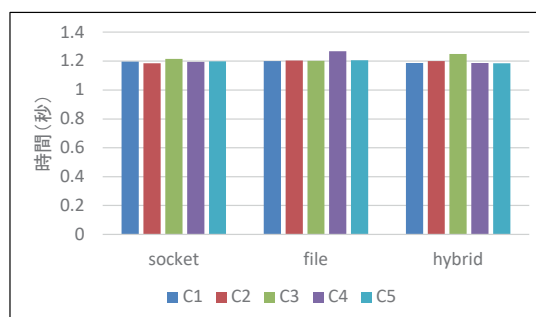
By repeating these procedures until $\langle \psi(\theta) | H | \psi(\theta) \rangle$ converges, an approximate ground state is obtained.

量子コンピュータは、入力条件生成を並列に実施するのが得意、大規模連立一次方程式・固有値求解等は不得手⇒スパコンにやらせる

Demonstration of VQE: Hydrogen with 4 Qbits



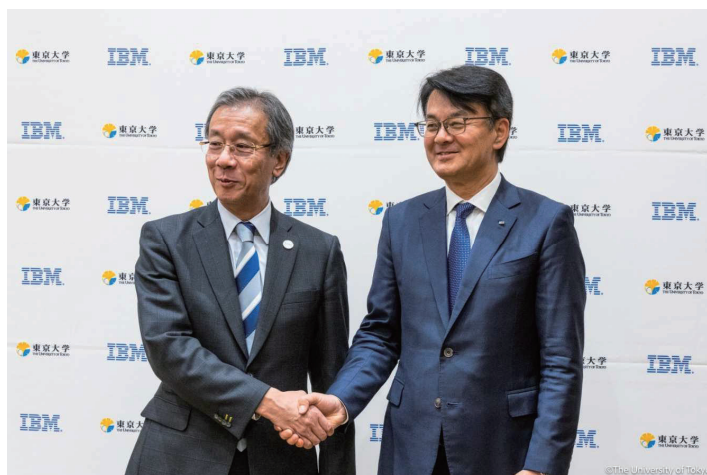
- Small-scale molecule, well-known
→ good for verification
- Succeeded in finding the optimal parameters



Computation Time on Odyssey for various types of communication methods

東京大学, IBM Quantum System Oneに最高性能の IBM Heronプロセッサを導入(2025年5月16日)

最先端共同HPC基盤施設(JCAHPC)のスーパーコンピューター「Miyabi」と
IBM Quantum System Oneを接続



- 東京大学とIBMは、東京大学が量子イノベーションイニシアティブ協議会(以下、QII)のメンバー向けにアクセスを提供するIBM Quantum System Oneに、最新の156量子ビットのIBM Heronプロセッサを導入する計画を発表しました。
- IBM Quantum Heronプロセッサは、チューナブル・カップラー・アーキテクチャーを採用し、2023年に同機に導入されたプロセッサを上回る性能を備えています。

61

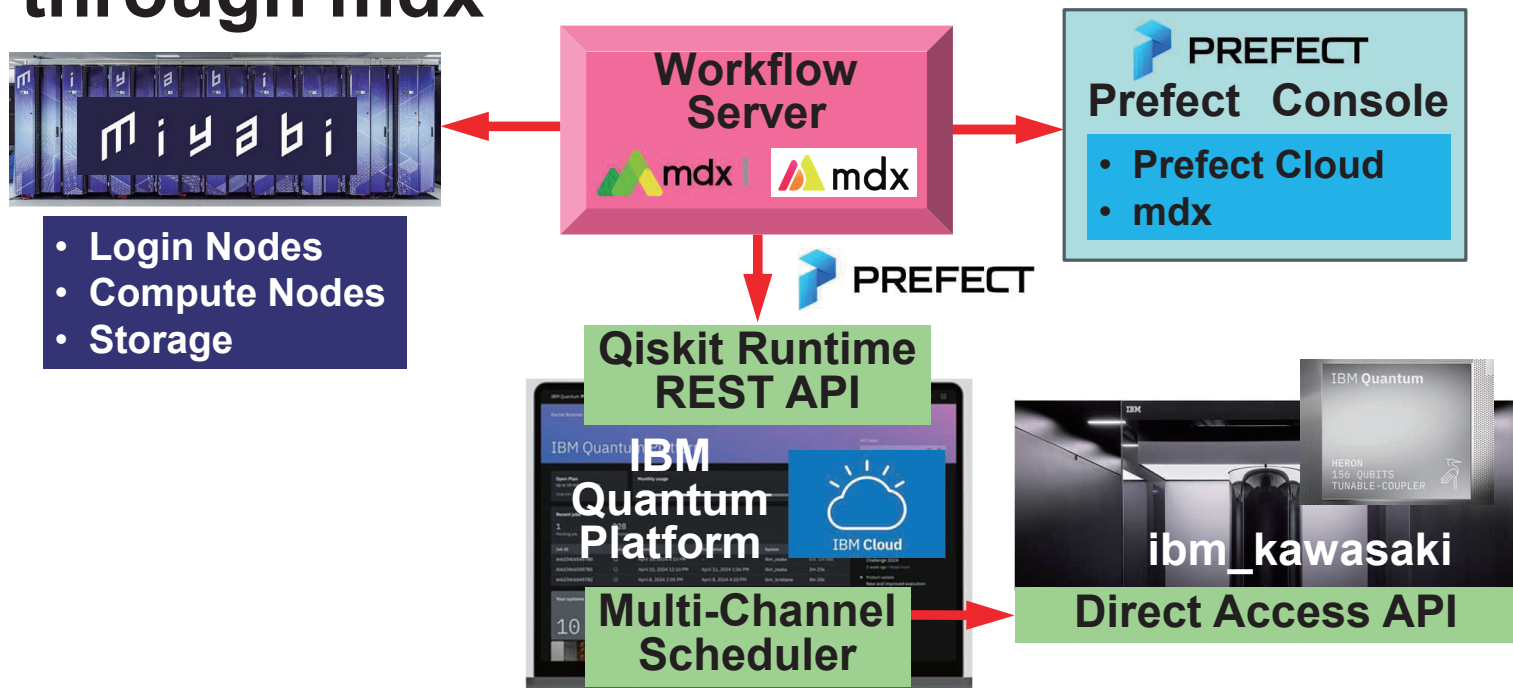
東京大学, IBM Quantum System Oneに最高性能の IBM Heronプロセッサを導入(2025年5月16日)

最先端共同HPC基盤施設(JCAHPC)のスーパーコンピューター「Miyabi」と
IBM Quantum System Oneを接続



- また、東京大学は、今年度後半にIBM Quantum System Oneを、スーパーコンピューターMiyabiに接続し、量子を中心としたスーパーコンピューターを実現する計画です。
- これにより、QIIに参画する様々な企業、大学、研究機関等のユーザーは、化学やバイオインフォマティクス、高エネルギー物理学、材料科学、金融、その他多くの分野で、新しい計算能力と向上したパフォーマンスを利用できるようになります。
- 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。**

62

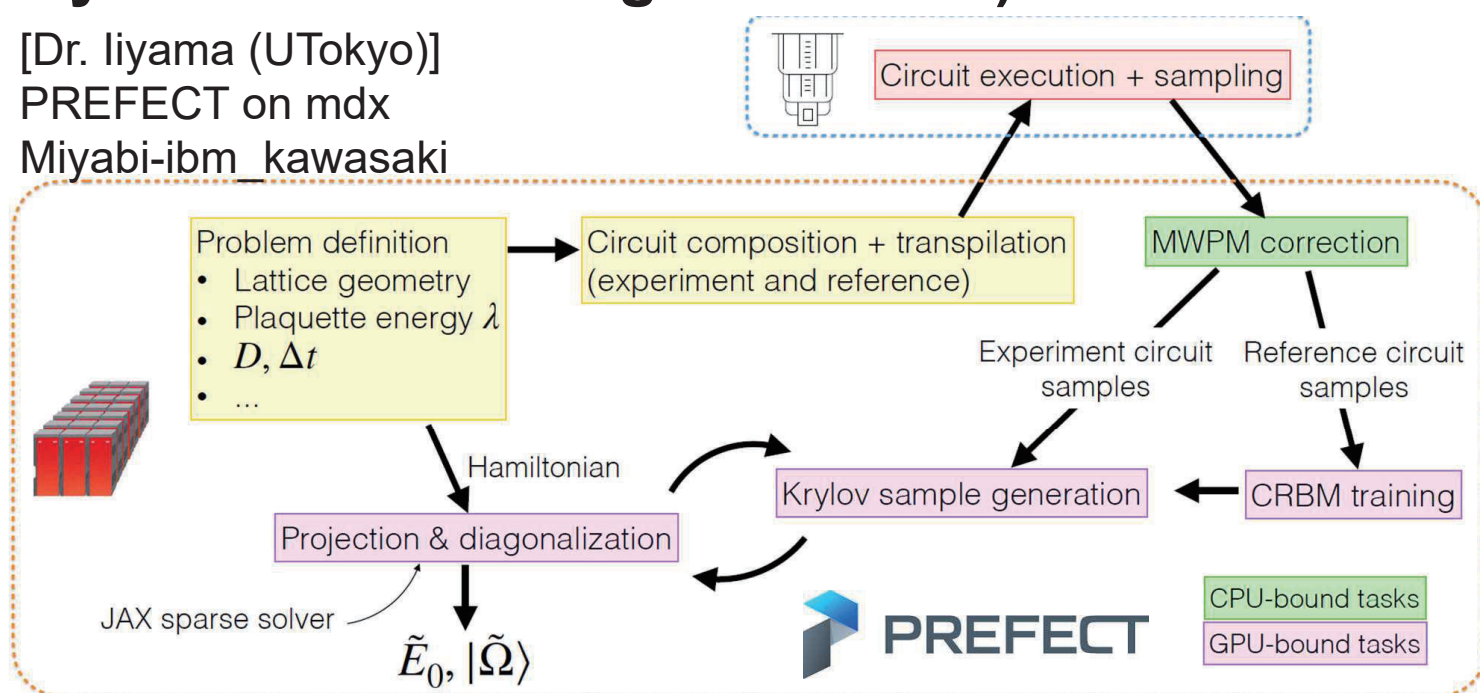


Lattice Gauge Theory by SKQD (Sample-based Krylov Quantum Diagonalization)

[Dr. Iiyama (UTokyo)]

PREFECT on mdx

Miyabi-ibm kawasaki



- 「計算・データ・学習(S+D+L)」融合
 - Wisterea/BDEC-01
 - h3-Open-BDEC
- Miyabi
 - JHPC-quantum
- 「富岳NEXT」におけるアプリケーションとプログラミング
- まとめ

65

理化学研究所、富士通およびNVIDIAとの国際連携による「富岳NEXT」開発体制を始動 – 計算による課題解決を支える次世代「AI-HPCプラットフォーム」構築へ –

[English](#) ▶

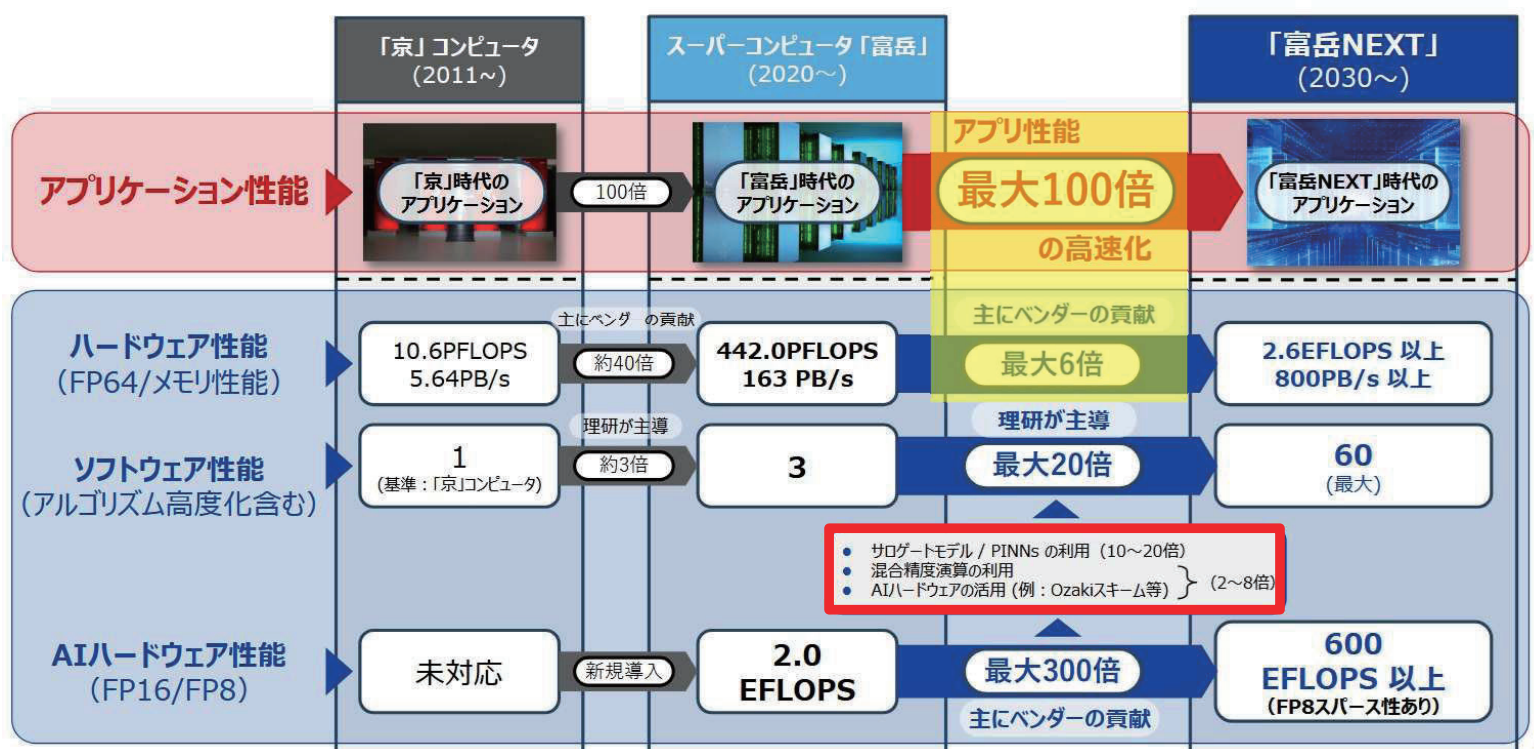
理化学研究所（五神真理理事長、以下「理研」）は、富士通株式会社（時田 隆仁 代表取締役社長、以下「富士通」）、NVIDIA Corporation（ジェンソン・ファンCEO、以下「NVIDIA」）とともに、スーパーコンピュータ「富岳」の次世代となる新たなフラッグシップシステム（開発コードネーム：「富岳NEXT」）に関して、理研を開発主体とした国際連携により設計および開発を開始することとしました。日本のフラッグシップシステムとしては初めてGPU（グラフィック処理装置）を加速部に採用し、NVIDIAがそのGPU基盤に関する設計を主導します。全体システムおよび計算ノード、CPU（中央演算装置）の基本設計においては、すでに理研とともに検討を進めている富士通が推進します。三者は連携して、ハイパフォーマンスコンピューティング（HPC）の基盤として計算による課題解決を支える「AI-HPCプラットフォーム」の構築を進めます。



「富岳NEXT」



アプリケーション性能 最大100倍への道



「富岳NEXT」に求められるシステム

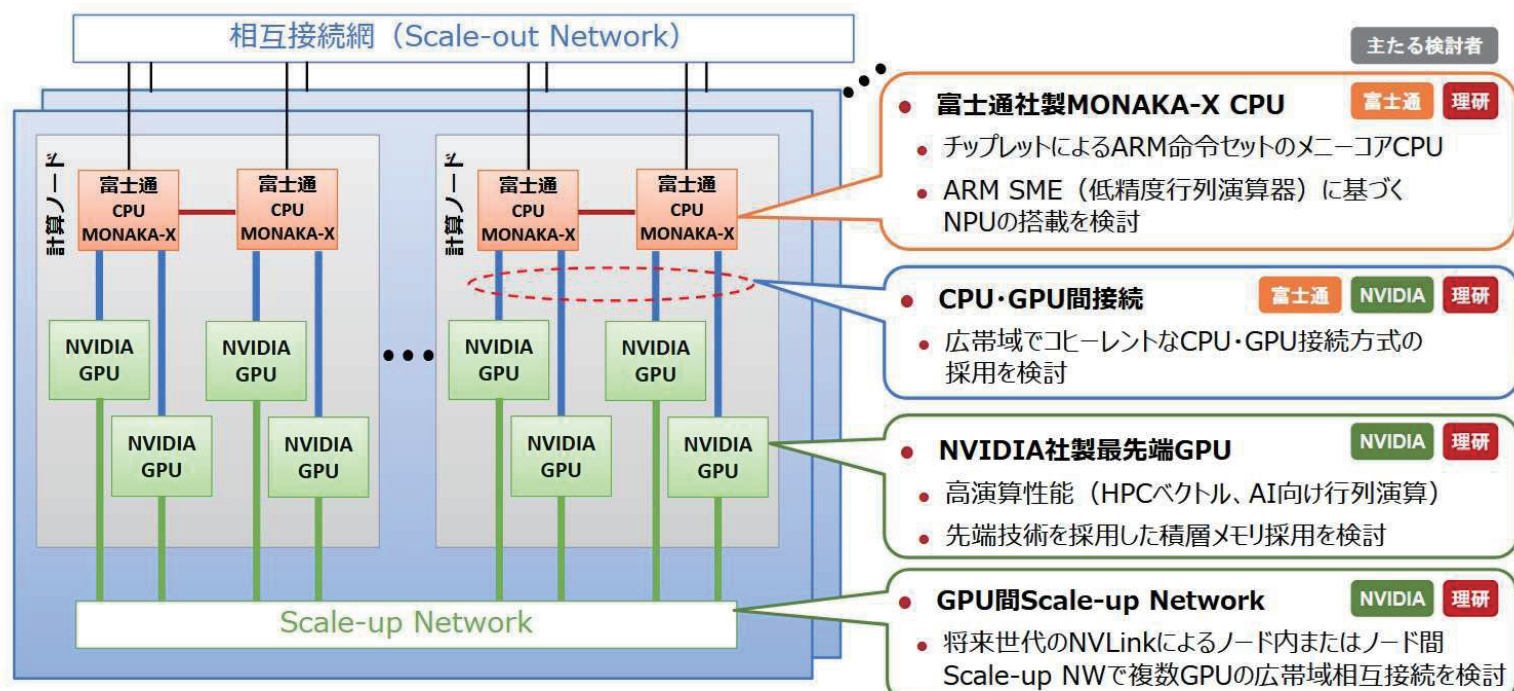
- 既存HPCアプリケーションで
現行の5～10倍以上の実効計算性能
- AI処理でゼタ (Zetta) FLOPSスケールのピーク性能を念頭に50EFLOPS以上の実効性能
- シミュレーションとAIの融合により、
総合的に数十倍のアプリケーション高速化を目標

- アプリケーションの実効性能を最優先とする「アプリケーションファースト」の理念
- 電力制約下で目標を達成するため、「富岳」で培ったアプリケーションソフトなどの資産を有効活用できる
電力効率の高いCPU部と帯域重視の演算処理加速部を組み合わせ、高帯域およびヘテロジニアスなノードアーキテクチャを基本構成としたシステム

項目	CPU	加速部	「富岳」	「富岳」比
合計ノード数	3400ノード以上		158,976	
理論 FP64ベクトル性能	48 PFLOPS以上	2.6 EFLOPS以上	537 PFLOPS	x5.7 以上
理論 FP16/BF16行列演算性能	1.5 EFLOPS以上	150 EFLOPS以上	2.15 EFLOPS	x70.5 以上
理論 FP8行列演算性能	3.0 EFLOPS以上	300 EFLOPS以上	—	
sparsity考慮の 同理論性能	—	600 EFLOPS以上	—	
メインメモリサイズ	10 PiB以上	10 PiB以上	4.85 PiB	x4.1 以上
メインメモリバンド幅	7 PB/s以上	800 PB/s以上	163 PB/s	x4.9 以上
合計消費電力	40 MW以下 (計算ノードおよびストレージ)		約30 MW	

当該性能目標をベースに基本設計で詳細なスペックを決定予定

「富岳NEXT」システム・アーキテクチャ概要



詳細な計算ノードおよびシステム構成は基本設計で決定予定

11

「富岳NEXT」におけるチャレンジアプリケーション開発からの観点

- 汎用CPU(京, 富岳)からGPU(Monaka-X+NVIDIA)への移行
- FP64の性能は「富岳」の6倍程度
 - アプリケーションレベルで100倍の性能向上を目指すには, 様々な工夫が必要
- 他のGPUとのポータビリティ(e.g. AMD)

70

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」を中核とする 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 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・インターコネク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。

[c/o 朴泰祐教授(筑波大・RIST)]

第202回HPC研究会@那覇

71

72

 文部科学省

MINISTRY OF EDUCATION,
CULTURE, SPORTS,
SCIENCE AND TECHNOLOGY-JAPAN

[> サイトマップ](#) [> English](#) 文字サイズの変更 小 中 大

検索

会見・報道・お知らせ

政策・審議会

白書・統計・出版物

申請・手続き

文部科学省の紹介

トップ > 会見・報道・お知らせ > 公募情報 > 次世代HPC・AI開発支援拠点形成事業の公募について

● 次世代HPC・AI開発支援拠点形成事業の公募について

令和7年7月8日

文部科学省では、このたび「次世代HPC・AI開発支援拠点形成事業」について、以下のとおり公募を開始しましたのでお知らせいたします。

1. 事業・公募の概要

本事業では、これまでスーパーコンピュータ「京」・「富岳」を中核とするHPCI(革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ)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開発の技術支援等を行うための拠点(以下、「拠点」という。)を形成します。

拠点においては、CPU、GPU開発ベンダー等とも連携して新規・既存アプリケーション開発者等に対する技術支援や必要な研究開発を実施し、知見の蓄積を図るとともに、人材育成に資する取組を実施・推進します。また、国内の計算科学分野の研究者や民間企業のユーザ等を含めた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、国内のユーザへの普及啓発活動等を実施します。

必ずしも「富岳NEXT」だけがターゲットではない、AMD等のGPUも対象

次世代HPC・AI研究開発支援センター (HAIRDESC) 及び中核機関・協力機関

代表機関 (RIST)

- HAIRDESC: Advanced HPC-AI Research & Development Support Center
(センター長: 朴泰祐)
神戸・ポートアイランドに設置



協力機関

- 国立大学スーパーコンピュータセンター
北海道大学, 東北大学, 名古屋大学, 京都大学, 大阪大学, 九州大学
- 理化学研究所計算科学研究センター (R-CCS)
- GPUベンダー: AMD社, NVIDIA社

GPU技術・GPU教育・人材の全ての活動について協力し合い, 教育教材・教育用GPUリソースを共有, ハッカソン等のイベントを実施

中核機関

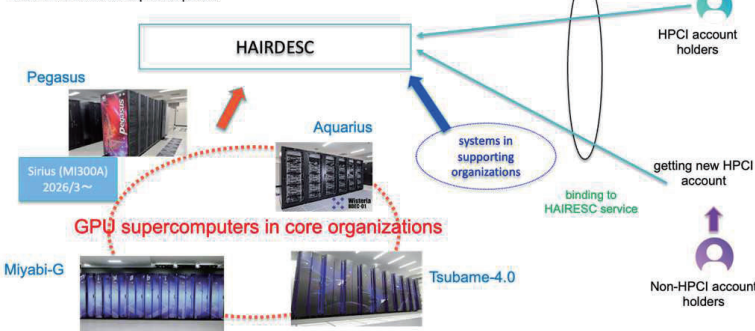
- 筑波大学(計算科学研究センター)
PI: 額田彰
- 東京大学(情報基盤センター)
PI: 下川辺隆史
- 東京科学大学(総合研究院スーパーコンピューティング研究センター)
PI: 横田理央



[c/o 朴泰祐教授(筑波大・RIST)]

第202回HPC研究会@那覇

HPCI (High Performance Computing Infrastructure) Japan gathers potential HPC/AI users on distributed supercomputers



73

事業実施組織と支援体制

- 代表機関: 高度情報科学技術研究機構 (RIST): HAIRDESC
 - 拠点事業全体の取りまとめ、予算配分、中核機関を中心とする各種運営会議体の運営
 - GPU教育コース資料(プレゼン、ドキュメント、ビデオ等)の一元管理とGPUシステム利用ユーザ向け配布
 - オンデマンド方式でのGPU教育コース資料の閲覧システム構築
 - 研究員等の雇用による特定アプリケーションのGPU化支援
- 中核機関: 筑波大学、東京大学、東京科学大学:
計算科学研究センター, 情報基盤センター, 総合研究院スーパーコンピューティング研究センター
 - GPU教育コース資料の体系化: 既存資料の整理と補填資料作成とアーカイブ
 - GPU化コーディングのチュートリアル、ハッカソンの運営
 - GPUスーパーコンピュータ資源の提供
 - 特定アプリケーションのGPU化支援: 外部業者委託によるGPUコード作成の監督と技術的支援
 - 先進的GPUコード作成のための研究開発

[c/o 朴泰祐教授(筑波大・RIST)]

第202回HPC研究会@那覇

74

- **協力機関:**
 - **大学:** 北海道大学、東北大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、九州大学
 - GPU教育コース教材の提供: 既存、新規作成
 - **GPUスーパーコンピュータ資源の提供:** 各大学のプログラムにより有償
 - 研究員等の人材の斡旋
 - **アプリケーションユーザの本事業参加の斡旋**
 - **理化学研究所計算科学研究センター(R-CCS)**
 - **ポスト富岳の設計・開発における技術連携**
 - 特定**アプリケーション**のGPU化の相互協力
 - 研究員等の斡旋
 - **企業:** AMD、NVIDIA
 - GPUコード開発のための**技術・資料の提供**
 - **最新GPU**の動向についての**技術情報提供**
 - ハッカソン等における**講師の供出**
 - 特定**アプリケーション**のGPU化における開発業者の斡旋
- 協力機関についてはR8年度以降、必要に応じて拡大する可能性あり
 - 計算科学分野コミュニティ
 - 国立研究所
 - 企業(例: Intel)

[c/o 朴泰祐教授(筑波大・RIST)]

第202回HPC研究会@那覇

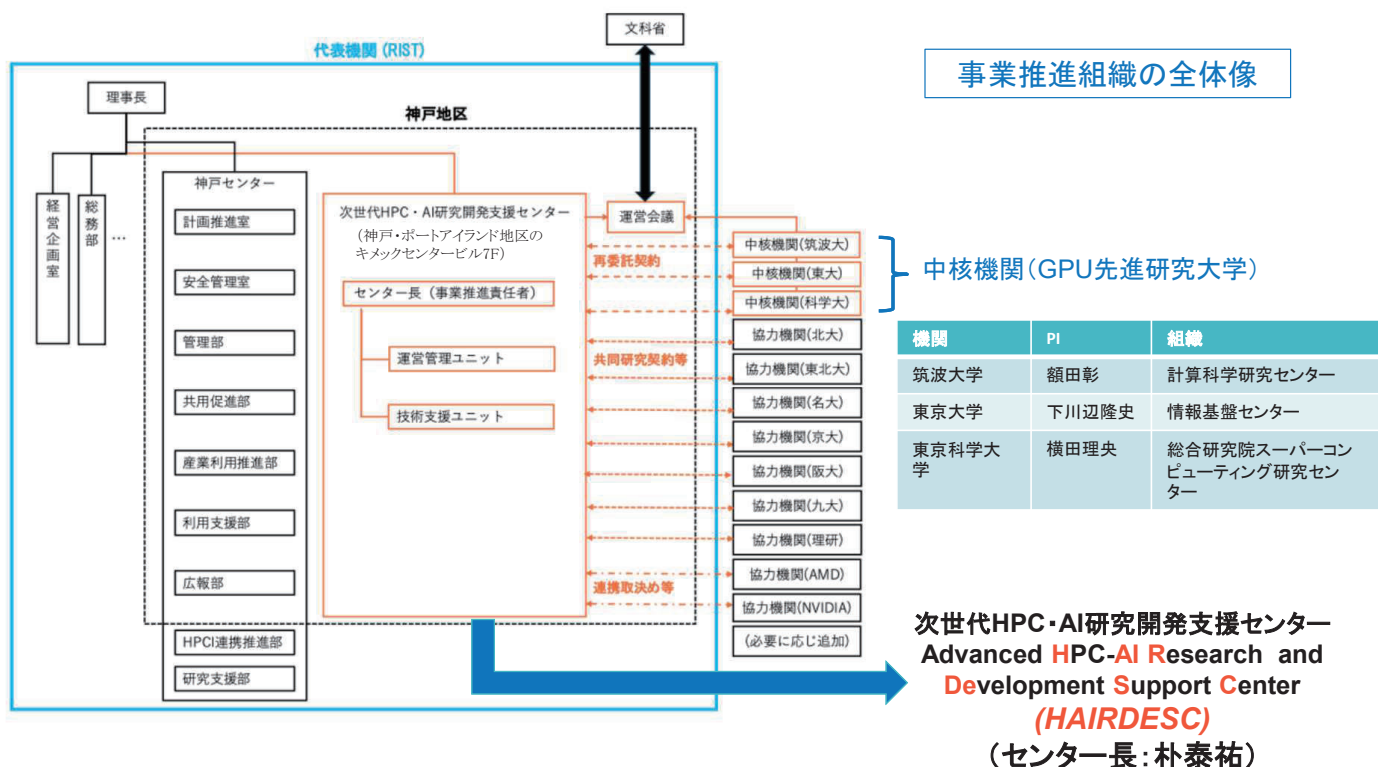
75

実施組織

- **代表機関: 高度情報科学技術研究機構(RIST): HAIRDESC**
 - 拠点事業全体の取りまとめ、予算配分、中核機関を中心とする各種運営会議体の運営
 - GPU教育コース資料(プレゼン、ドキュメント、ビデオ等)の**一元管理**とGPUシステム利用ユーザ向け配布
 - **オンデマンド方式でのGPU教育コース資料の閲覧システム構築**
 - 研究員等の雇用による**特定アプリケーションのGPU化支援**
- **中核機関: 筑波大学、東京大学、東京科学大学:**
 計算科学研究センター, 情報基盤センター, 総合研究院スーパーコンピューティング研究センター
 - GPU教育コース資料の**体系化**: 既存資料の整理と補填資料作成とアーカイブ
 - GPU化コーディングの**チュートリアル、ハッカソン**の運営
 - **GPUスーパーコンピュータ資源**の提供
 - 特定**アプリケーション**のGPU化支援: 外部業者委託によるGPUコード作成の監督と技術的支援
 - **先進的GPUコード作成のための研究開発**

[c/o 朴泰祐教授(筑波大・RIST)]

76



[c/o 朴泰祐教授 (筑波大・RIST)]

77

HAIRDESC

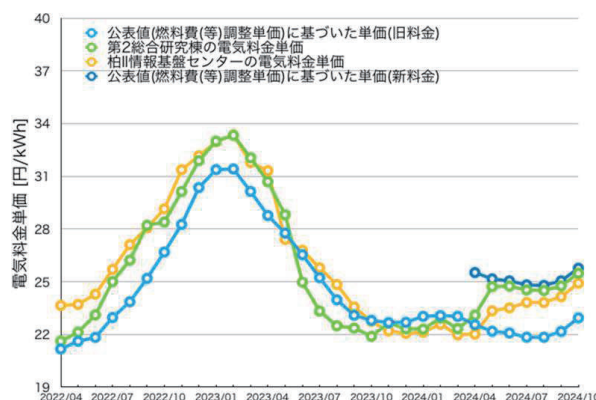
- 文部科学省事業 (2025年11月開始), 4.5年
- 予算: 24.8億円 (総額)
- 「富岳NEXT」時代を見据え、HPCやAIにおけるGPUを活用した次世代アプリケーションに向けた高度な技術サポートを提供
- 「富岳NEXT」に限定しない (NVIDIA, AMD)
- 国際連携 (HPSF, HANAMI, DOE)



Miyabiへ向けた Long but “Straight” Road



- スパコンへの性能要求, 省電力, 脱炭素化⇒演算加速器搭載は不可避
 - 2021年秋には方針決定
 - その後電気代も高騰
- 2022年6月の段階でNVIDIA製GPU(H100もしくは後継機種)採用に決定
 - 3,000人の利用者のアプリ移植に18-30ヶ月必要
 - 計算科学関連プリベンチマーク
 - **決め手**
 - 「性能そのもの」, 「Fortranへの対応」
- **実は, HAIRDESC的な活動は, Miyabiに対して2022年10月に開始していた**



2022年4月以降の電力単価推移

GPU移植・移行(2022年10月開始)

- 3,000人以上のOFP利用者: 18~30ヶ月必要
- NVIDIA Japanの協力: 約150回の会合全てに出席
- 「自己移植(Self Porting)」: 様々なオプション
 - 8日間のハッカソン(ミニキャンプ), 3ヶ月に1回, オンライン・ハイブリッド, Slack併用
 - 筑波大・東大(JCAHPC), 科学大, 名古屋大, 九州大, 北大, 東北大 共催(京大, 阪大)
 - 毎月開催される「相談会」(Zoom, 非ユーザーも自由に参加できる)
 - 素晴らしく充実した「移行ポータルサイト」, 各種講習会
 - https://jcahpc.github.io/gpu_porting/
- 「サポート移植(Surported Porting)」
 - 多くのユーザーを有するコミュニティコード(19種類, 次頁), OpenFOAM(NVIDIA)
 - 外注のための予算も確保(落札ベンダーが担当)
 - 「サポート移植」グループメンバー(主に若手)はハッカソン・相談会にも積極的に参加
- 基本的にOpenACC/StdPar(Standard Parallelism)推奨



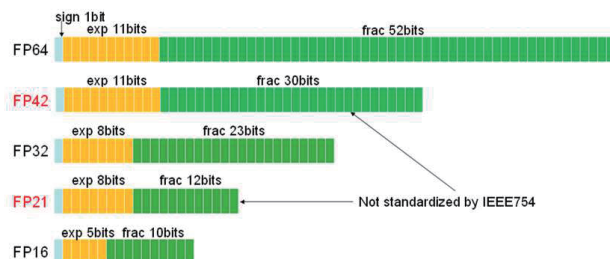
Category	Name (Organizations)	Target, Method etc.	Language
Engineering (5)	FrontISTR (U.Tokyo)	Solid Mechanics, FEM	Fortran
	FrontFlow/blue (FFB) (U.Tokyo)	CFD, FEM	Fortran
	FrontFlow/red (AFFr) (Advanced Soft)	CFD, FVM	Fortran
	FFX (U.Tokyo)	CFD, Lattice Boltzmann Method (LBM)	Fortran
	CUBE (Kobe U./RIKEN)	CFD, Hierarchical Cartesian Grid	Fortran
Biophysics (3)	ABINIT-MP (Rikkyo U.)	Drug Discovery etc., FMO	Fortran
	UT-Heart (UT Heart, U.Tokyo)	Heart Simulation, FEM etc.	Fortran, C
	Lynx (Simula, U.Tokyo)	Cardiac Electrophysiology, FVM	C
Physics (3)	MUTSU/iHallMHD3D (NIFS)	Turbulent MHD, FFT	Fortran
	Nucl_TDDFT (Tokyo Tech)	Nuclear Physics, Time Dependent DFT	Fortran
	Athena++ (Tohoku U. etc.)	Astrophysics/MHD, FVM/AMR	C++
Climate/ Weather/ Ocean (4)	SCALE (RIKEN)	Climate/Weather, FVM	Fortran
	NICAM (U.Tokyo, RIKEN, NIES)	Global Climate, FVM	Fortran
	MIROC-GCM (AORI/U.Tokyo)	Atmospheric Science, FFT etc.	Fortran77
	Kinaco (AORI/U.Tokyo)	Ocean Science, FDM	Fortran
Earthquake (4)	OpenSWPC (ERI/U.Tokyo)	Earthquake Wave Propagation, FDM	Fortran
	SPECFEM3D (Kyoto U.)	Earthquake Simulations, Spectral FEM	Fortran
	hbi_hacapk (JAMSTEC, U.Tokyo)	Earthquake Simulations, H-Matrix	Fortran
	sse 3d (NIED)	Earthquake Science, BEM (CUDA Fortran)	Fortran

HAIRDESCにおけるチャレンジ

- 混合精度・低精度演算, エミュレーション
- LLMを利用したGPU移植
- ポータブル(Portable)なプログラミング環境
- CPU/GPUの効果的な利用

GPUは何故AIに適しているのか？

- AI・機械学習の主要な計算は比較的小規模な行列・テンソルの演算
 - 精度をあまり必要としない
 - 科学技術計算の主流は倍精度(FP64, 64bit)
 - AI関連の演算は半精度(FP16, 16bit)で十分
 - 理論的には倍精度の4分の1の記憶容量, 計算量
- テンソルコア(Tensor Core)
 - 半精度の行列・テンソル演算を高速に実施するHW
 - NVIDIA V100(2018)以降に実装
 - AMD, IntelのGPUもAI処理能力ではNVIDIAには敵わない
 - 大規模言語モデル(LLM): できるだけ多くのNVIDIA GPUを確保することが勝負
- 科学技術計算の分野でも低精度・混合精度を積極的に利用しようという動きがある(尾崎スキーム(後述))



History of NVIDIA's GPU

	Memory (GB)	Memory Bandwidth (GB/sec)	FP64 (GFLOPS) 64bit Double	FP32 (GFLOPS) 32bit Single	FP32 Tensor Core (GFLOPS) 32bit Single	FP16/FP16 Tensor Core (GFLOPS) 16bit Half	TDP (Watt)
P100	16	720	4,700	9,300	-	18,700	250
V100	32	1,134	8,200	16,400	-	130,000	300
A100	40	1,555	9,700	19,500	156,000	312,000	400
H100	80	3,352	33,500	66,900	989,000	1,979,000	700
GH200 GPU	96	4,022	33,500	66,900	989,000	1,979,000	~1,000 (incl. CPU)
B200	192	8,000	40,000	80,000	2,250,000	4,500,000	1,200

- Tensor Core: Special HW for Computing of Small Matrices in AI
- Shifting to AI, Saturated Performance of FP64, FP4/FP8/INT8 with Tensor Core are introduced in B200

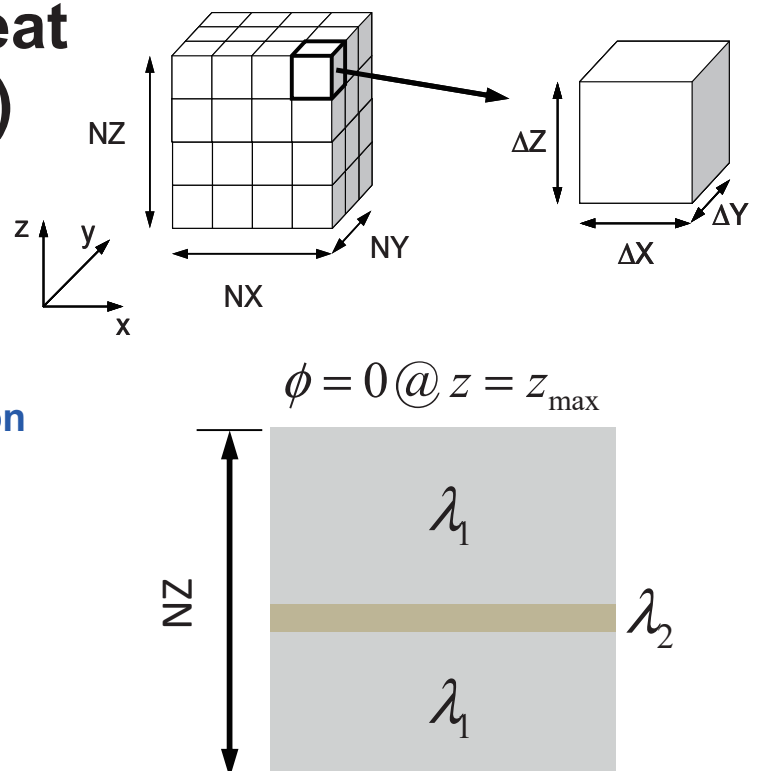
低・変動精度演算による新計算原理の必要性

- 低・変動精度演算
 - 計算量・計算時間・消費電力・メモリ容量・I/O削減
- 科学技術計算の多くは倍精度(64bit)で実施されているが、条件の良い問題であれば、単精度(32bit)・半精度(16bit), 混合精度でも可能
- 我々は不必要に高精度な計算を実施して貴重な時間やエネルギーを無駄にしている・・・かも知れない
- 昨今, 低精度演算の活用は盛ん
 - 混合精度演算の研究, アプリへの適用は既に行われている
 - Approximate Computing: 省電力のための研究
 - 元々は画像処理
 - FPGAを含むハードウェア, システムソフトウェア, コンパイラ
 - ポストムーア時代へ向けた重要な技術の一つ

P3D: Steady State 3D Heat Conduction by FVM (1/2)

$$\nabla \cdot (\lambda \nabla \phi) + f = 0$$

- 7-point Stencil
- Heterogenous Material Property
 - λ_1/λ_2 is proportional to the condition number of coefficient matrices
- Coefficient Matrix
 - Sparse, SPD
- ICCG Solver
- Fortran 90 + OpenMP
- CM-RCM Reordering

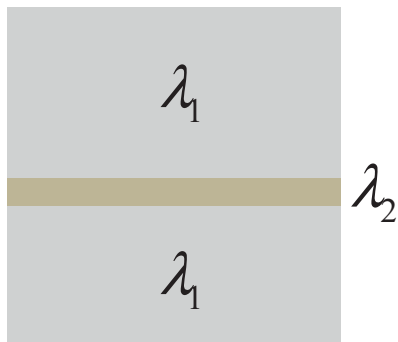


Ratio of FP32(SP)/FP64(DP): CRS

Iterations● & Time△ for ICCG

λ_1/λ_2 , 128^3 DOF, CRS

Ratio<1 $\Rightarrow$ FP32 is faster

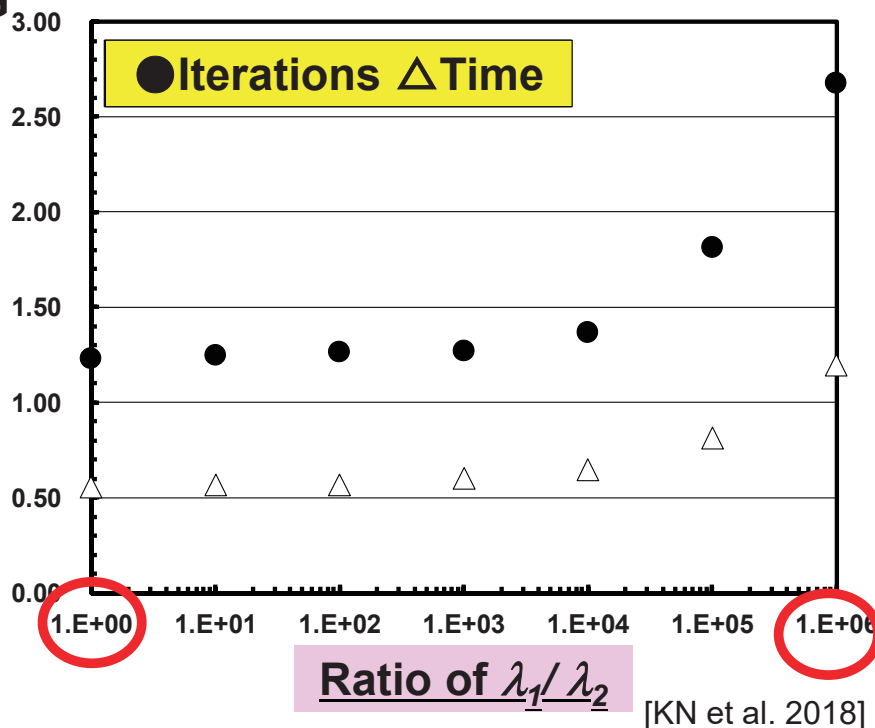


$$\nabla \cdot (\lambda \nabla \phi) + f = 0$$

Intel Xeon BDW

1 Node: 18 cores x 2 soc's

Ratio of FP32/FP64

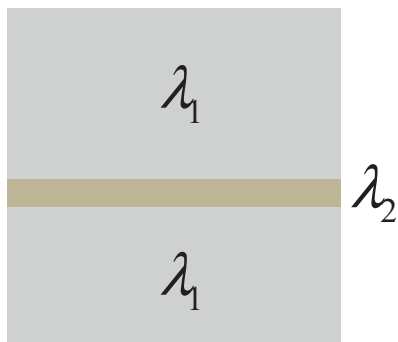


Ratio of FP32(SP)/FP64(DP) : CRS

Iterations● & Time△ for ICCG

λ_1/λ_2 , 128^3 DOF, CRS

Ratio<1 $\Rightarrow$ FP32 is faster

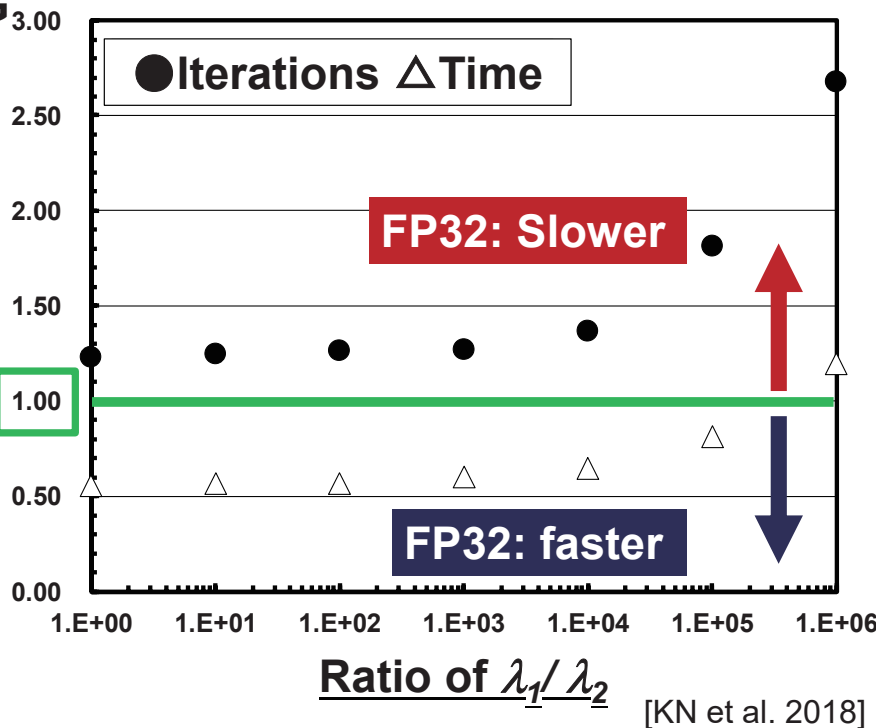


$$\nabla \cdot (\lambda \nabla \phi) + f = 0$$

Intel Xeon BDW

1 Node: 18 cores x 2 soc's

Ratio of FP32/FP64

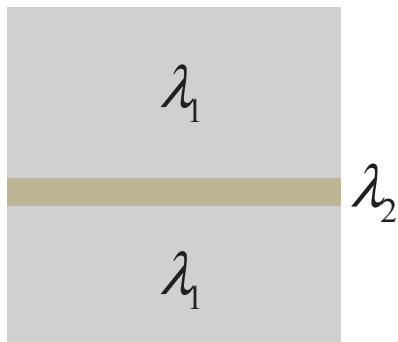


Ratio of FP32(SP)/FP64(DP) : CRS

Iterations● & Time△ for ICCG_{3.00}

λ_1/λ_2 , 128^3 DOF, CRS

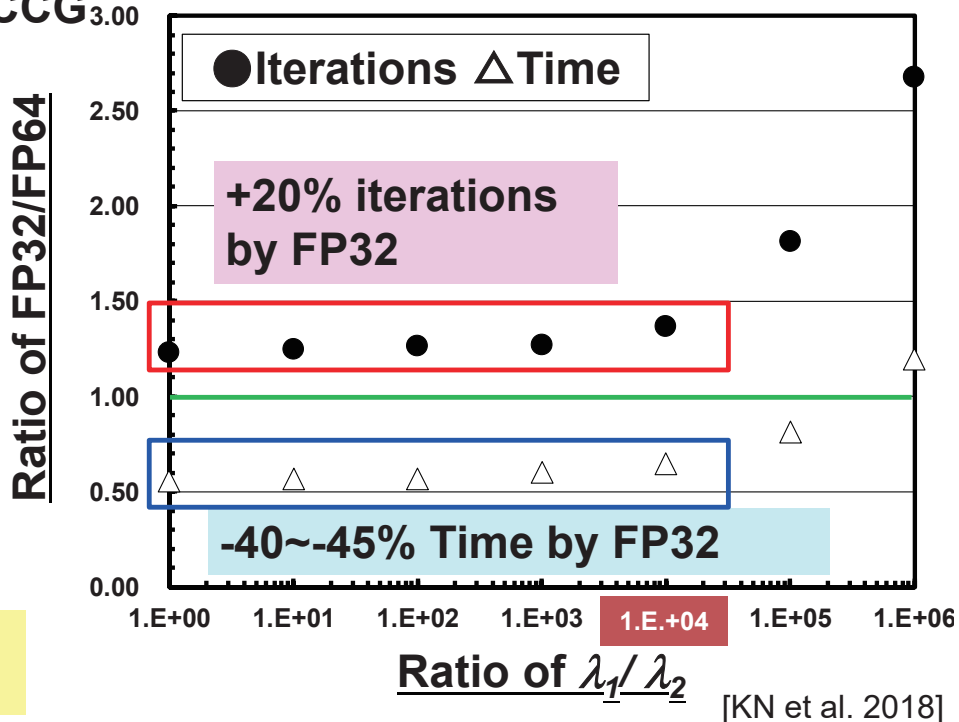
Ratio<1 $\Rightarrow$ FP32 is faster



$$\nabla \cdot (\lambda \nabla \phi) + f = 0$$

Intel Xeon BDW

1 Node: 18 cores x 2 soc's

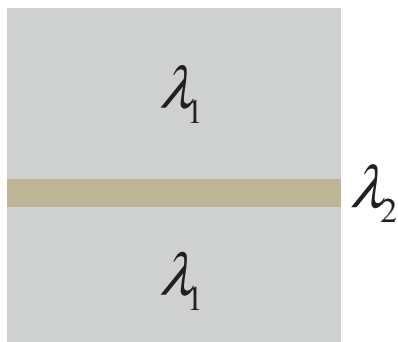


Ratio of FP32(SP)/FP64(DP) : CRS

Iterations● & Time△ for ICCG_{3.00}

λ_1/λ_2 , 128^3 DOF, CRS

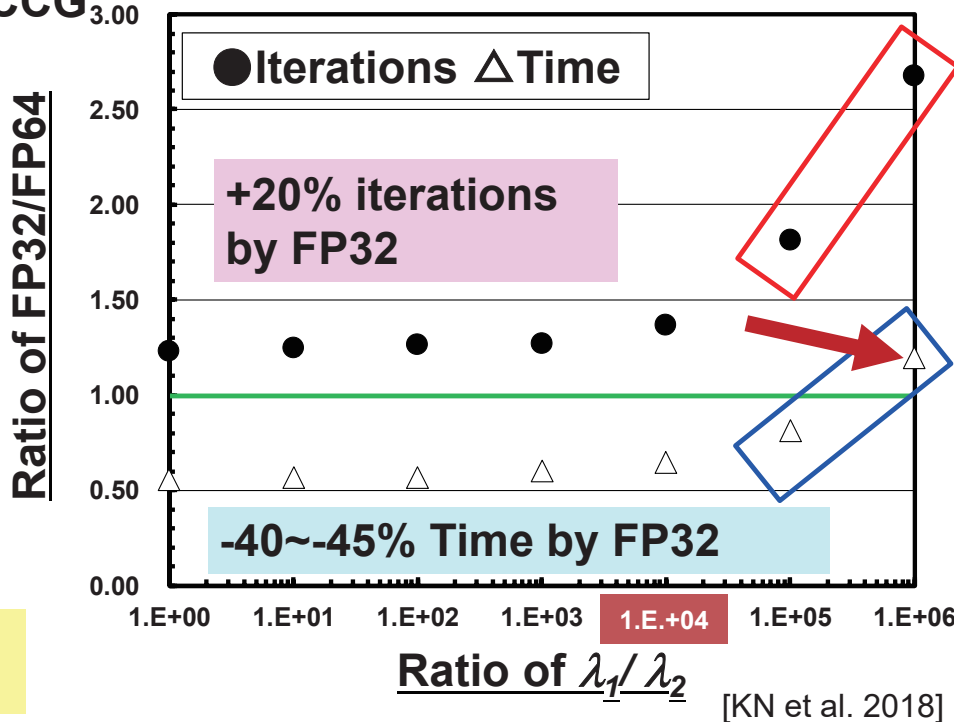
Ratio<1 $\Rightarrow$ FP32 is faster



$$\nabla \cdot (\lambda \nabla \phi) + f = 0$$

Intel Xeon BDW

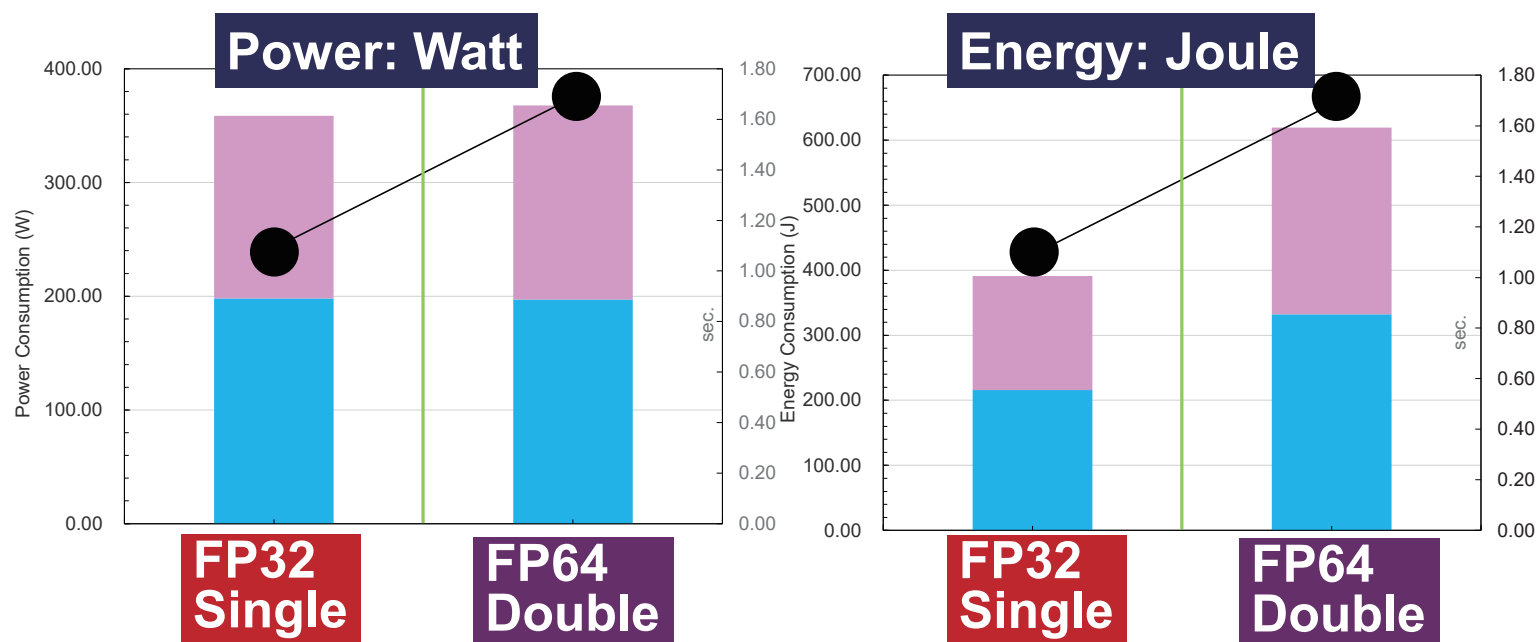
1 Node: 18 cores x 2 soc's



Results on Intel Xeon BDW $\lambda_1 = \lambda_2$

[Sakamoto et al. 2020]

$N=128^3$, ■: CPU, ■: Memory, ●: Time



低・変動精度演算の活用, 精度保証

- 実問題(悪条件問題)では精度保証が重要
 - 近年のApproximate Computingに関する研究で, 精度保証にまで立ち入った例はない: 計算できればOK
- これまでの精度保証研究は主として密行列対象
 - 疎行列・H行列の例は少ない: 条件の良い問題が中心
 - 一般に精度保証には求解の数倍の時間を要する
- 本研究で目指す精度保証手法(対象: 疎行列, H行列)
 - 高速・正確・悪条件に対応
 - 自動チューニングによる最適精度選択
- 荻田等による既存手法[荻田・後・大石 2001]
 - M行列向け(条件の良い行列, 全非対角成分が0以下, 全固有値の実部が正)
 - 現実的な時間で精度保証が可能なことは確認されたが, 悪条件問題向けにより精密な手法が必要(2018年度)⇒より精密な手法の開発(2019年度)

精度保証手法〔Ogita & KN 2019〕(1/2)

① 離散化によって得られた連立一次方程式 $Ax=b$ を解き, 得られた近似解を $\hat{x}$ とする

② 連立一次方程式 $Ay=e$ (e はすべての要素が 1 のベクトル) を解く. 得られた近似解を $\hat{y}$ とする

③ ②の $\hat{y}$ を用いて係数行列 A の M 行列性の保証を行う

④ 残差 $r=b-A\hat{x}$ を精度保証付きで計算し, 残差の近似値を $\hat{r}$, 誤差限界を e_r とする.

⑤ 連立一次方程式 $Az=\hat{r}$ を解き, 近似解を $\hat{z}$ とする.

⑥ 以下の誤差評価式の右辺について, 浮動小数点演算の丸めモードの変更を適宜使用しながら, 厳密な上限を求める (右辺第 2 項の分母が 0 以下になった場合は精度保証失敗): $\|x-\hat{x}\|_\infty \leq \|\hat{z}\|_\infty + \frac{\|\hat{y}\|_\infty \|b-A(\hat{x}+\hat{z})\|_\infty}{1-\|e-A\hat{y}\|_\infty}$

$$Ax=b, \|b-A\hat{x}\|_2 / \|b\|_2 < \varepsilon_1 (=10^{-12})$$

$$Ay=e, \|e-A\hat{y}\|_\infty < \varepsilon_2 (=10^{-2})$$

$$Az=\hat{r}, \|\hat{r}-A\hat{z}\|_2 / \|\hat{r}\|_2 < \varepsilon_3 (=10^{-9})$$

- 連立一次方程式を3回解いている (① (P3D), ②, ③)
- ①と②は同時に解くことが可能, 通常②の方が速く収束
- ①, ②を同時に解くことにより, 計算時間短縮可能, また, 複数ベクトル演算によってキャッシュヒット率を高めることも可能

精度保証手法〔Ogita & KN 2019〕(2/2)

- ICCG法の反復の停止条件
 - ICCG法の反復中に計算される見かけの残差ベクトルを使用

$$Ax=b, \|b-A\hat{x}\|_2 / \|b\|_2 < \varepsilon_1 (=10^{-12})$$

$$Ay=e, \|e-A\hat{y}\|_\infty < \varepsilon_2 (=10^{-2})$$

$$Az=\hat{r}, \|\hat{r}-A\hat{z}\|_2 / \|\hat{r}\|_2 < \varepsilon_3 (=10^{-9})$$

$$\|x-\hat{x}\|_\infty \leq \|\hat{z}\|_\infty + \frac{\|\hat{y}\|_\infty \|b-A(\hat{x}+\hat{z})\|_\infty}{1-\|e-A\hat{y}\|_\infty}$$

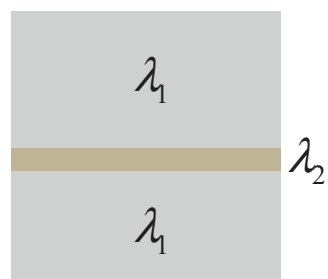
$$\|x-\hat{x}\|_\infty \leq \frac{\|\hat{y}\|_\infty \|b-A\hat{x}\|_\infty}{1-\|e-A\hat{y}\|_\infty}$$

- 最大相対誤差上限・相対残差ノルム

$$x-\hat{x} = A^{-1}(b-A\hat{x}) = \hat{z} + A^{-1}(b-A(\hat{x}+\hat{z}))$$

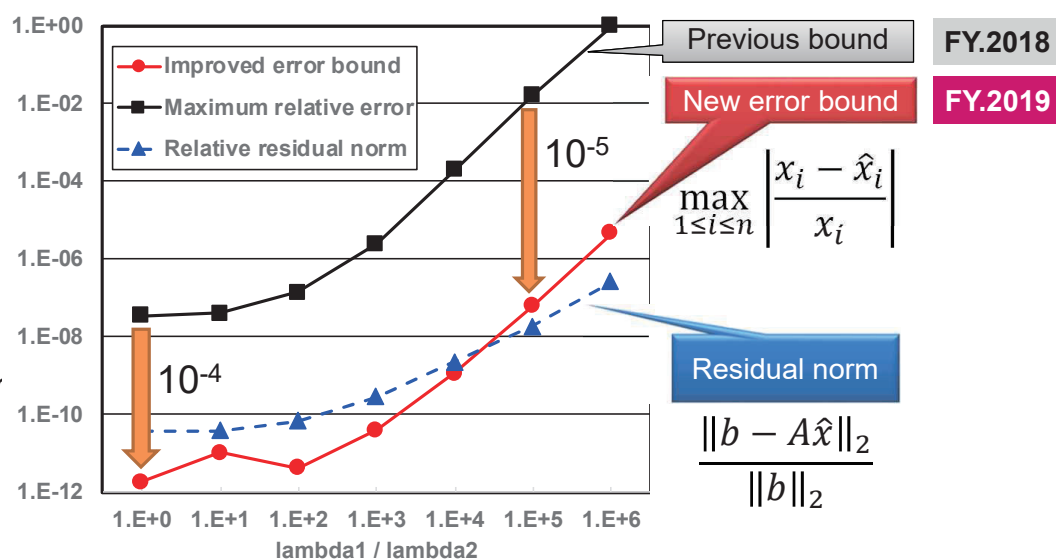
$$\max_{1 \leq i \leq n} \left| \frac{x_i - \hat{x}_i}{x_i} \right|, \quad \|b-A\hat{x}\|_2 / \|b\|_2$$

計算例(倍精度): $NX=NY=NZ=128$



$$\nabla \cdot (\lambda \nabla \phi) + f = 0$$

better



Computed error bounds are significantly improved!

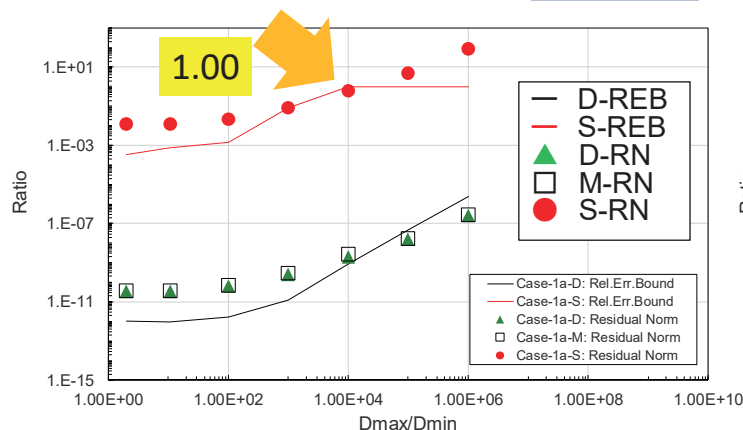
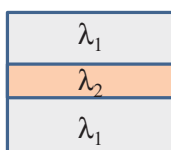
[Ogita & KN 2019]

相対誤差上限(Relative Error Bound, REB)と真の残差ノルム(Residual Norm, RN)[KN HPC188, 2023]

REB~RN, REB~1: 不正解, D:FP64, S:FP32, M:混合精度(前処理のみS)

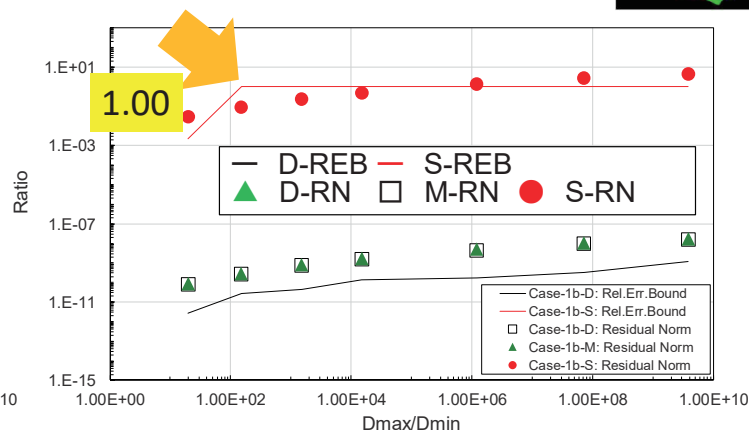
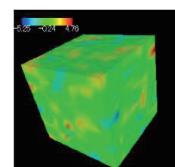
Case-1

$$\lambda_1 / \lambda_2 = 10^0 - 10^6$$



Case-2

$$\lambda_{\text{max}} / \lambda_{\text{min}} = 10^1 - 10^{10}$$



精度保証: [Ogita & KN 2019]

残差置換法 (Residual Replacement, RR)

[Ghysels et al. 2014], [Yamazaki et al. 2022]

- CG法は, $x_{i+1} = x_i + \alpha_i p_i$, $r_{i+1} = r_i - \alpha_i A p_i$, という形で解 (x_i), 残差 (r_i) を更新するため, パイプライン型手法では, 両者が丸め誤差の影響を受けやすい。
- また, 解 (x_i) の更新時の誤差は残差に影響しないため, 真の残差 ($r = b - Ax_i$) と更新残差 (r_i) の差が大きくなる。
- 残差置換法 (RR) は, 定期的に更新残差を真の残差 ($r = b - Ax_i$) と置き換える。
- [Ghesels et al. 2014] では, 倍精度演算の場合でも, パイプライン型手法の安定化のために定期的に残差置換を適用しているが, 本研究では低精度演算 (混合精度, 単精度) の結果を補正するために, 倍精度演算による残差置換を実施している。

```

1:  $r_0 := b - Ax_0$ ;  $u_0 := M^{-1}r_0$ ;  $p_0 := u_0$ 
2: for  $i=0 \dots$  do
3:    $s_i := Ap_i$ 
4:    $\alpha_i := (r_i, u_i) / (s_i, p_i)$ 
5:    $x_{i+1} := x_i + \alpha_i p_i$ 
6:    $r_{i+1} := r_i - \alpha_i s_i$ 
7:    $u_{i+1} := M^{-1}r_{i+1}$ 
8:    $\beta_i := (r_{i+1}, u_{i+1}) / (r_i, u_i)$ 
9:    $p_{i+1} := u_{i+1} + \beta_i p_i$ 
10: end do

```

[KN HPC-199, 2025]

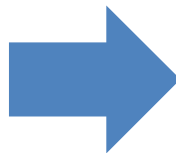
Residual Replacement for Original PCG (Alg.1)

赤字: 倍精度演算

```

Compute  $r^{(0)} = b - [A]x^{(0)}$ 
for  $i = 1, 2, \dots$ 
  solve  $[M]z^{(i-1)} = r^{(i-1)}$ 
   $\rho_{i-1} = r^{(i-1)} z^{(i-1)}$ 
  if  $i=1$ 
     $p^{(1)} = z^{(0)}$ 
  else
     $\beta_{i-1} = \rho_{i-1} / \rho_{i-2}$ 
     $p^{(i)} = z^{(i-1)} + \beta_{i-1} p^{(i-1)}$ 
  endif
   $q^{(i)} = [A]p^{(i)}$ 
   $\alpha_i = \rho_{i-1} / p^{(i)} q^{(i)}$ 
   $x^{(i)} = x^{(i-1)} + \alpha_i p^{(i)}$ 
   $r^{(i)} = r^{(i-1)} - \alpha_i q^{(i)}$ 
  check convergence  $|r|$ 
end

```



```

Compute  $r^{(0)} = b - [A]x^{(0)}$ ;  $y=0$ 
for  $i = 1, 2, \dots$ 
  solve  $[M]z^{(i-1)} = r^{(i-1)}$ 
   $\rho_{i-1} = r^{(i-1)} z^{(i-1)}$ 
  if  $i=1$ 
     $p^{(1)} = z^{(0)}$ 
  else
     $\beta_{i-1} = \rho_{i-1} / \rho_{i-2}$ 
     $p^{(i)} = z^{(i-1)} + \beta_{i-1} p^{(i-1)}$ 
  endif
   $q^{(i)} = [A]p^{(i)}$ 
   $\alpha_i = \rho_{i-1} / p^{(i)} q^{(i)}$ 
   $x^{(i)} = x^{(i-1)} + \alpha_i p^{(i)}$ 
   $r^{(i)} = r^{(i-1)} - \alpha_i q^{(i)}$ 
  if time to replace
     $y = y + x^{(i)}$ 
     $r^{(i)} = b - Ay$ 
     $x^{(i)} = 0$ 
  endif
  check convergence  $|r|$ 
end
 $x = x^{(end)} + y$ 

```

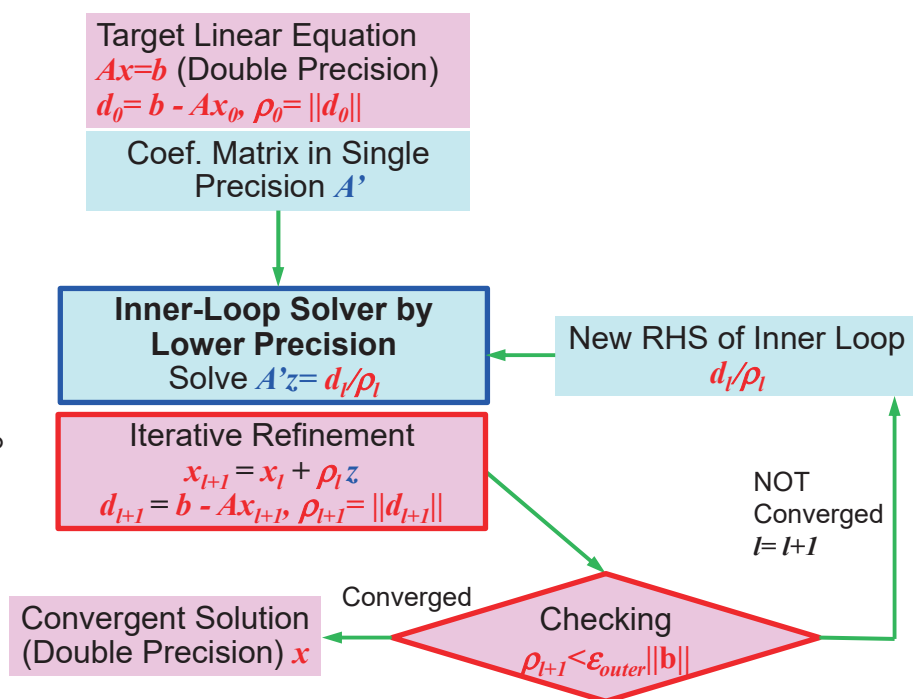
[KN HPC-199, 2025]

反復改良法 (Iterative Refinement, IR)

[Higham 2022]

- 様々な方程式解法に使用されるが、前処理付き反復法では、低精度演算による反復を一定数実施した後に、高精度演算で残差を正確に計算し、求めるべき修正量 (誤差方程式) を再設定する。

- 赤字: 倍精度
- 青字: 単精度

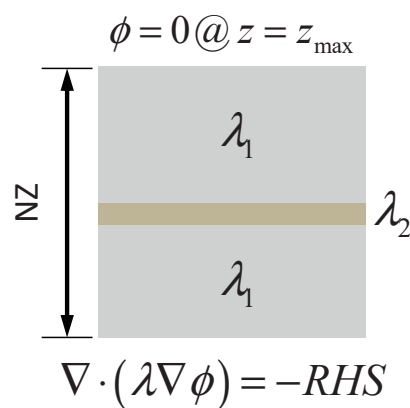
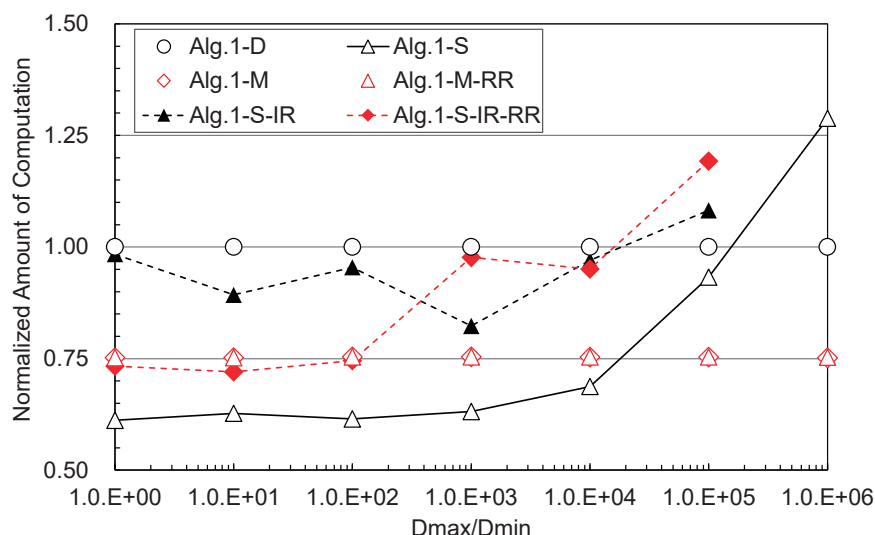


[KN HPC-199, 2025]

CG Solver by Iterative Refinement

Case-1: 計算量=内部反復回数 (Alg.1-Dで正規化)

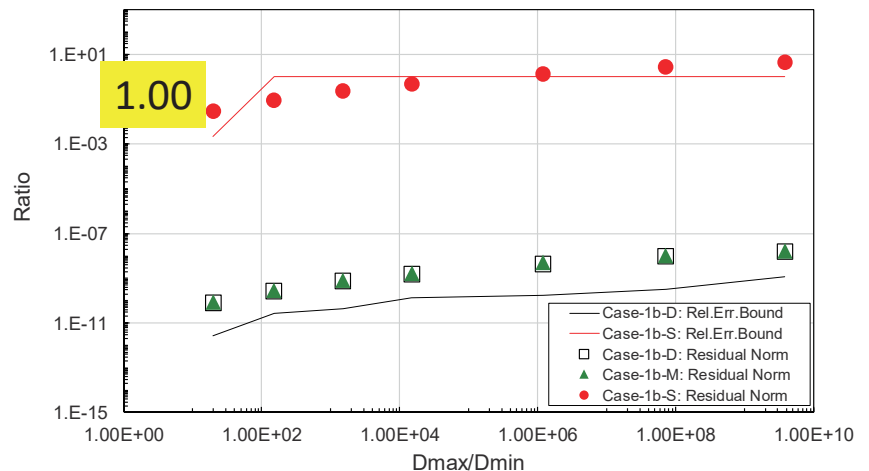
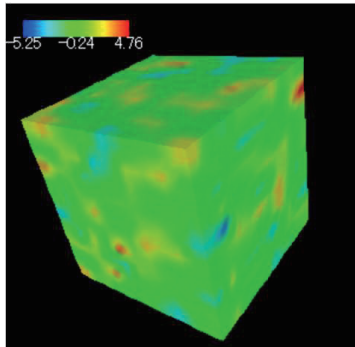
Alg.1-S-IR, Alg.1-S-IR-RR: $D_{\max}/D_{\min} \geq 10^4$ で改善, $D_{\max}/D_{\min} = 10^6$ で収束せず
 Alg.1-M, Alg.1-M-RRは変わらず



低精度・混合精度演算

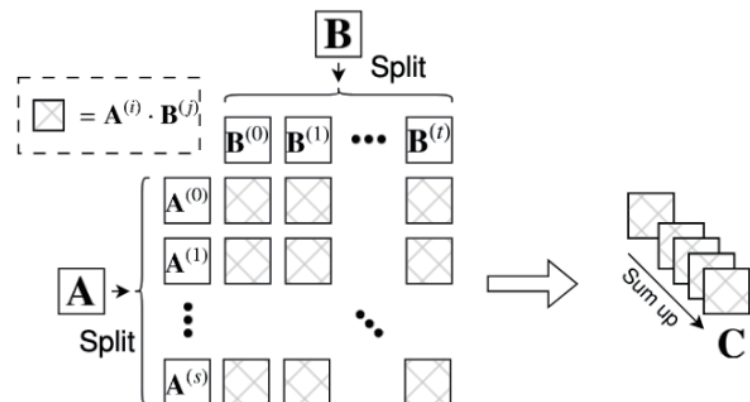
Low/Mixed Precision Computing

- メモリ容量, 計算時間, エネルギー消費を削減できる
- 悪条件問題における精度 (Accuracy)
- 倍精度演算 (FP64) を必要な計算は数多くあるが, FP64性能は飽和...



Ozaki Scheme by Emulation (Ozaki-I, Ozaki-II)

- 尾崎スキーム (Ozaki-I) : 高精度行列乗算を低精度演算器を活用して実現
 - 複数の低精度行列積と高精度加算を組み合わせる, 誤差のない (または極めて小さい) 高精度結果を得る (DGEMM)
 - 分割**: 元の行列を複数の部分行列に分割, それぞれを低精度で表現可能な範囲に収める
 - 乗算**: INT8 Tensor Coreで部分行列の積を計算
 - 累積**: 得られた部分積をFP64などで加算し, 最終的な高精度結果を構築
 - 尾崎スキームは, 精度を犠牲にせずに低精度ユニットの高性能を引き出す革新的手法



- 複数スライスへの分割 + 低精度演算 + 高精度累積により, 高速・正確な行列演算可能
- 近年では中国剰余定理を用いた発展型 (Ozaki-II) (悪条件問題にも対応), GPU実装も進み。実用的な技術として注目
- 疎行列演算等への拡張が今後の課題

Ozaki Scheme on GH200

[Ozaki, Uchino, Imamura 2025] <https://arxiv.org/pdf/2504.08009>

Table 1. Specifications in TFLOPS/TOPS of GPUs (NVIDIA Corporation 2024) for dense data

	Ampere A100 SXM4 GA100	ADA RTX 4090 AD102-300	Hopper H200 SXM5	Blackwell B200
FP64	9.7	1.29	34	40
FP64 TC	19.5	—	67	40
FP32	19.5	82.6	67	80
TF32 TC	156	82.6	494	1100
BF16 TC	312	165.2	989	2250
FP16 TC	312	165.2	989	2250
INT8 TC	624	660.6	1979	4500
FP8 TC	—	660.6	1979	4500
FP6 TC	—	—	—	4500
INT4 TC	—	1321.2	—	—
FP4 TC	—	—	—	9000

Table 3. Throughput in TFLOPS on NVIDIA GH200 Grace Hopper Superchip

Methods \ Matrix size	2048	4096	8192	16384
DGEMM (cuBLAS)	56.9	61.3	62.0	60.9
OS II-fast-14	16.5	48.6	72.1	80.2
OS II-fast-15	15.4	45.2	67.4	74.6
OS II-fast-16	14.6	43.2	63.8	70.4
OS II-fast-17	13.8	40.5	60.1	66.1
OS II-fast-18	13.0	38.3	56.9	62.6
OS II-accu-14	14.7	42.7	64.7	71.1
OS II-accu-15	14.0	40.2	60.9	66.9
OS II-accu-16	13.3	38.5	58.0	63.3
OS II-accu-17	12.6	36.4	55.1	59.9
OS II-accu-18	12.0	34.7	52.2	56.6
ozIMMU_EF-8	12.4	25.6	29.9	34.5

Ozaki Scheme on RTX4090

[Ozaki, Uchino, Imamura 2025] <https://arxiv.org/pdf/2504.08009>

Table 1. Specifications in TFLOPS/TOPS of GPUs (NVIDIA Corporation 2024) for dense data

	Ampere A100 SXM4 GA100	ADA RTX 4090 AD102-300	Hopper H200 SXM5	Blackwell B200
FP64	9.7	1.29	34	40
FP64 TC	19.5	—	67	40
FP32	19.5	82.6	67	80
TF32 TC	156	82.6	494	1100
BF16 TC	312	165.2	989	2250
FP16 TC	312	165.2	989	2250
INT8 TC	624	660.6	1979	4500
FP8 TC	—	660.6	1979	4500
FP6 TC	—	—	—	4500
INT4 TC	—	1321.2	—	—
FP4 TC	—	—	—	9000

Table 4. Throughput in TFLOPS on NVIDIA RTX 4090

Methods \ Matrix size	2048	4096	8192
DGEMM (cuBLAS)	0.61	0.62	0.62
OS II-fast-14	3.73	6.94	9.81
OS II-fast-15	3.54	6.55	9.20
OS II-fast-16	3.31	6.22	8.76
OS II-fast-17	3.07	5.90	8.29
OS II-fast-18	2.91	5.56	7.83
OS II-accu-14	3.46	6.51	9.23
OS II-accu-15	3.29	6.04	8.68
OS II-accu-16	3.10	5.69	8.26
OS II-accu-17	2.93	5.40	7.81
OS II-accu-18	2.84	5.18	7.41
ozIMMU_EF-8	4.22	4.76	5.84

HAIRDESCにおけるチャレンジ

- 混合精度・低精度演算, エミュレーション
- **LLMを利用したGPU移植**
- ポータブル(Portable)なプログラミング環境
- CPU/GPUの効果的な利用

105

AIは「急速に」, 「果てしなく」賢くなっている・・・ HAIRDESCにおいてもAIの積極的活用を計画

106

The AI Scientist Paper

arXiv:2408.06292

The AI Scientist: Towards Fully Automated Open-Ended Scientific Discovery

Chen Li^{1,2}, Cong Lu^{1,2}, Robert D'Amico^{1,2}, Jiahui Ren^{1,2}, Jeff Chen^{1,2,3} and David Su^{1,2}

¹Equal Contribution, ²Fakultät für Informatik, ³University of British Columbia, ⁴Microsoft Research, ⁵Google Cloud

One of the grand challenges of artificial general intelligence is developing agents capable of conducting scientific research and discovering new knowledge. While frontier models have already been used as aides to human scientists, e.g., for brainstorming ideas, writing code, or producing tables, they still conduct only a small part of the scientific process. This paper presents the first comprehensive framework for fully automatic scientific discovery, enabling frontier large language models (LLMs) to perform research independently and communicate their findings. We introduce **The AI Scientist**, which generates research ideas, writes code, executes experiments, and produces tables, all in a single loop. In principle, this process can be iterated indefinitely, allowing the AI Scientist to discover new knowledge and add them to a growing archive of research. We demonstrate the versatility of this approach by applying it to three distinct subfields: protein structure prediction, drug discovery, and materials science. The AI Scientist generates research ideas, writes code, executes experiments, and produces tables, all in a single loop. In principle, this process can be iterated indefinitely, allowing the AI Scientist to discover new knowledge and add them to a growing archive of research. We demonstrate the versatility of this approach by applying it to three distinct subfields: protein structure prediction, drug discovery, and materials science.

The paper shows an initial attempt to close the loop.

Results show some important weaknesses:

- Hallucination of Experimental Details
 - What about hallucination in the overall process?
- Positive Interpretation of Results.
 - Can misguide the whole workflow
- Produce incremental improvements rather than new directions/ideas

Dr. Rick Stevens (ANL)
ScaIAH25 WS@SC25

LLMによるGPU移植[星野他, 2025]

• Claude Code

- Anthropic社提供, ターミナル上で動作するAIエージェント型コーディング支援ツール
- CLI(コマンドラインインターフェース)から自然言語で指示, コードレビュー・修正・テスト・Git操作などを自動化
 - コードベース全体を理解, 複数ファイル処理も自律的に判断・実行
 - ユーザーの明示的許可なしには操作を行わない安全設計
 - CLAUDE.mdファイルを使い, プロジェクト固有の設定や方針を記憶させることが可能

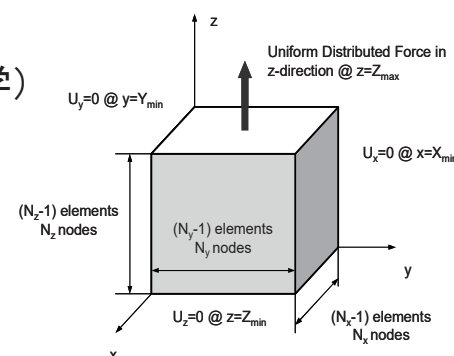


• GeoFEM/Cube [KN SC'03]

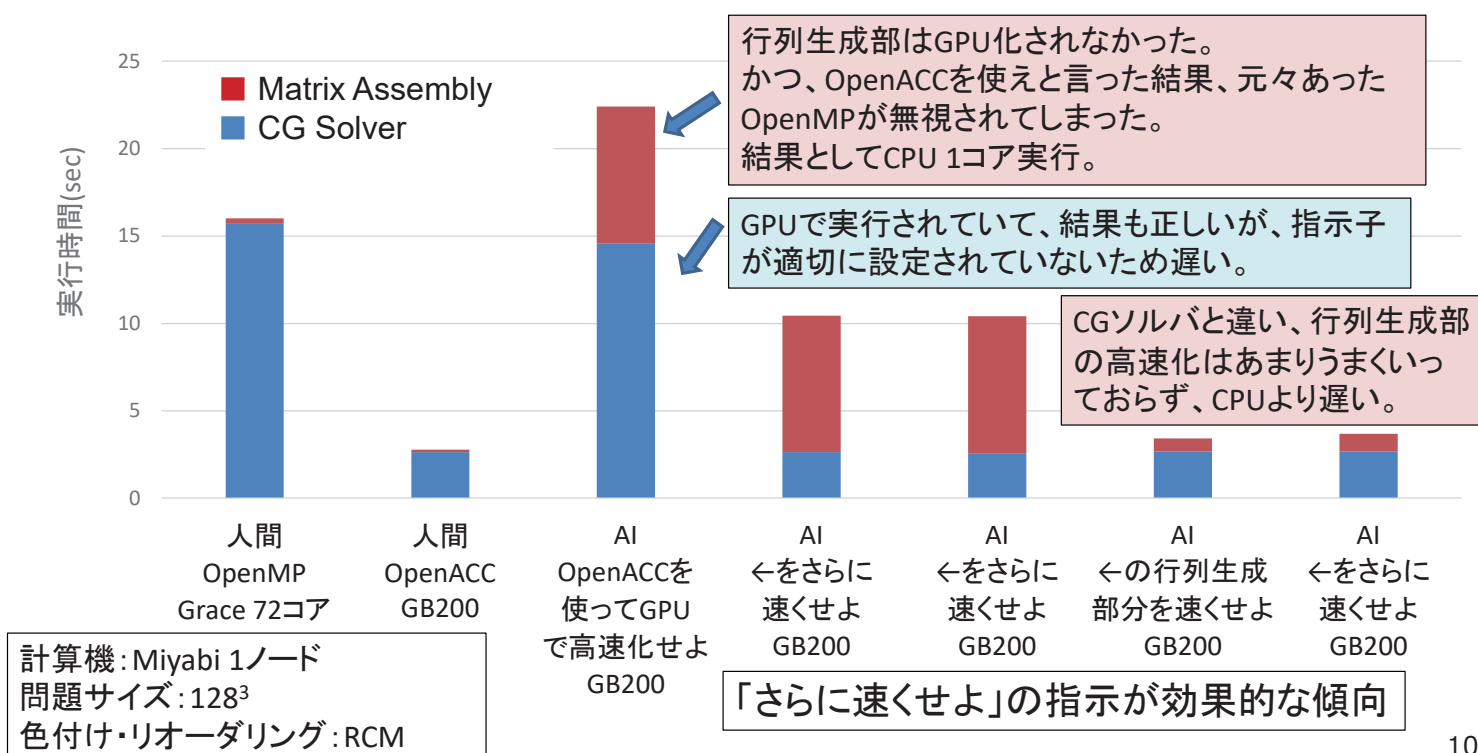
- 並列有限要素法による三次元弾性静解析コード(固体力学)
 - Block-Jacobi-Type Localized SGS Preconditioned CG Solvers
 - Fortran90 + MPI + OpenMP

– Target Functions

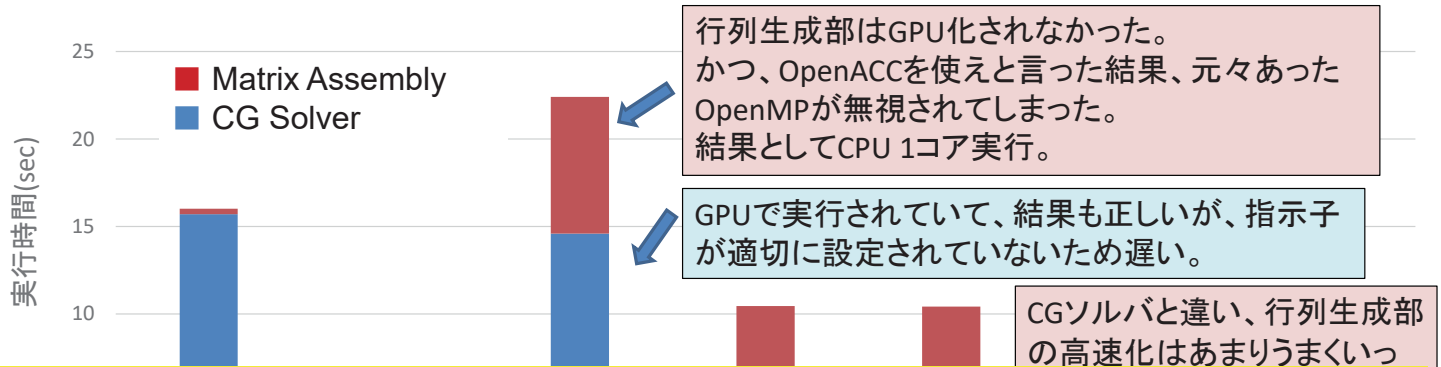
- CG Solvers: General
- Matrix Assembly: Problem Specific



Claude CodeによるGeoFEM GPU化 (OpenACC) [星野他 HPC201, 2025]



Claude CodeによるGeoFEM GPU化 (OpenACC) [星野他 HPC201, 2025]



- AIはCGアルゴリズムと実装を非常によく理解しているが、Mat-Assembly部分は問題に特化
- AIが最適化(または理解)しやすいように、元のCPUコードの実装を工夫する必要がある
- あるいは、AIがさらに賢くなる1年を待つという選択肢もある(Rick Stevensの講演@SC25)

109

HAIRDESCにおけるチャレンジ

- 混合精度・低精度演算, エミュレーション
- LLMを利用したGPU移植
- **ポータブル(Portable)なプログラミング環境**
- CPU/GPUの効果的な利用

110

ポータブルなプログラミング環境

- 多様なGPU環境
 - NVIDIA, AMD, Intel
 - 「ポータビリティ(Portability, 可搬性)」は重要な課題
 - 国際協力には欠かせない
 - 欧米: AMD, NVIDIA, 日本: ほぼNVIDIA(核融合研, 筑波大)
- Kokkos
 - 異なるHW間(CPU, GPU)のPerformance Portabilityを提供するプログラミング環境, US-DOEのプロジェクト(Exascale Computing Project, ESC)で開発
 - C++向け
 - <https://kokkos.org/>
- HPSF (High Performance Software Foundation)
 - The LINUX Foundation Projectsの一つ⇒SPACKとKokkos等のサポート
 - 東大は2025年3月末加入(日本では他に理研がメンバー)
 - <https://hpsf.io/>



65th TOP500 List (June, 2025) R_{max}: Performance of Linpack (TFLOPS) <http://www.top500.org/>¹¹² R_{peak}: Peak Performance (TFLOPS), Power: kW

	Site	Computer/Year Vendor	Cores	R _{max} (PFLOPS)	R _{peak} (PFLOPS)	GFLOPS/W	Power (kW)
1	El Capitan, 2024, USA DOE/NNSA/LLNL	HPE Cray EX255a, AMD 4th Gen EPYC 24C 1.8GHz, AMD Instinct MI300A, Slingshot-11, TOSS	11,039,616	1,742.00 (=1.742 EF)	2,746.38 63.4 %	58.99	29,581
2	Frontier, 2021, USA DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory	HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Gen. EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11	9,066,176	1,353.00	2,055.72 65.8 %	54.98	24,607
3	Aurora, 2023, USA DOE/SC/Argonne National Laboratory	HPE Cray EX - Intel Exascale Compute Blade, Xeon CPU Max 9470 52C 2.4GHz, Intel Data Center GPU Max, Slingshot-11, Intel	9,264,128	1,012.00	1,980.01 51.1 %	26.15	38,698
4	JUPITER Booster, 2025, USA EuroHPC/FZJ	EVIDEN, BullSequana XH3000, GH Superchip 72C 3GHz, NVIDIA GH200 Superchip, Quad-Rail NVIDIA InfiniBand NDR200, RedHat Enterprise Linux	4,801,344	1,000.00	1,266.28 81.5 %	63.32	15,974
5	Eagle, 2023, USA Microsoft	Microsoft NDv5, Xeon Platinum 8480C 48C 2GHz, NVIDIA H100, NVIDIA InfiniBand NDR	2,073,600	561.20	846.84 66.3 %		
6	HPC 6, 2024, Italy Eni S.p.A.	HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, RHEL 8.9	3,143,520	477.90	606.97 66.3 %	56.48	8,461
7	Fugaku, 2020, Japan R-CCS, RIKEN	Fujitsu PRIMEHPC FX1000, Fujitsu A64FX 48C 2.2GHz, Tofu-D	7,630,848	442.01	537.21 82.3 %	14.78	29,899
8	Alps, 2024, Switzerland Swiss Natl. SC Centre (CSCS)	HPE Cray EX254n, NVIDIA Grace 72C 3.1GHz, NVIDIA GH200 Superchip, Slingshot-11	2,121,600	434.90	574.84 75.7 %	61.05	7,124
9	LUMI, 2023, Finland EuroHPC/CSC	HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Gen. EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11	2,752,704	379.70	531.51 71.4 %	53.43	7,107
10	Leonard, 2023, Italy EuroHPC/Cineca	EVIDEN, BullSequana XH2000, Xeon Platinum 8358 32C 2.6GHz, NVIDIA A100 SXM4 64GB, Quad-rail NVIDIA HDR100	1,824,768	241.20	181.49 78.7 %	32.19	7,494

■ AMD, ■ NVIDIA, ■ Intel, ■ GPU無し(富岳)

- AMD・NVIDIAは拮抗
- 一般にAMDは科学技術計算向け, NVIDIAはAI向けと言われて来た
 - ビジネス的にはAIが重要
- HIP (Heterogeneous-compute Interface for Portability) : AMD
 - AMD, NVIDIA向け共通環境: CUDAベースなので今ひとつ普及していない

History of NVIDIA's GPU

	Memory (GB)	Memory Bandwidth (GB/sec)	FP64 (GFLOPS) 64bit Double	FP32 (GFLOPS) 32bit Single	FP32 Tensor Core (GFLOPS) 32bit Single	FP16/FP16 Tensor Core (GFLOPS) 16bit Half	TDP (Watt)
P100	16	720	4,700	9,300	-	18,700	250
V100	32	1,134	8,200	16,400	-	130,000	300
A100	40	1,555	9,700	19,500	156,000	312,000	400
H100	80	3,352	33,500	66,900	989,000	1,979,000	700
GH200 GPU	96	4,022	33,500	66,900	989,000	1,979,000	~1,000 (incl. CPU)
B200	192	8,000	40,000	80,000	2,250,000	4,500,000	1,200

- Tensor Core: Special HW for Computing of Small Matrices in AI
- Shifting to AI, Saturated Performance of FP64, FP4/FP8/INT8 with Tensor Core are introduced in B200

Solomon [Miki et al. 2024] (1/2)

Unified Interfaces for Directive-based GPU Offloading

- OpenACCとOpenMPの指示文を統合した、軽量な性能可搬ライブラリ
 - ヘッダーのみによる記述
 - OpenACC (NVIDIA)とOpenMP (AMD)間の移行が容易
- 選択されたコンパイルフラグに応じて、マクロを適切なOpenACCまたはOpenMPの指示文に自動的に展開
 - -DOFFLOAD_BY_OPENACC
 - -DOFFLOAD_BY_OPENMP_TARGET
- 特別なコンパイラ等は不要
 - プログラム内にヘッダーを挿入して、コンパイルするだけ

Before

```
#ifdef OFFLOAD_BY_OPENACC
#pragma acc kernels vector_length(NTHREADS)
#pragma acc loop independent
#endif // OFFLOAD_BY_OPENACC
#ifdef OFFLOAD_BY_OPENMP_TARGET
#pragma omp target teams distribute parallel
for simd thread_limit(NTHREADS)
#endif // OFFLOAD_BY_OPENMP_TARGET
for (int32_t i = 0; i < N; i++) {
```



```
OFFLOAD(AS_INDEPENDENT, NUM_THREADS(NTHREADS))
for (int32_t i = 0; i < N; i++) {
```

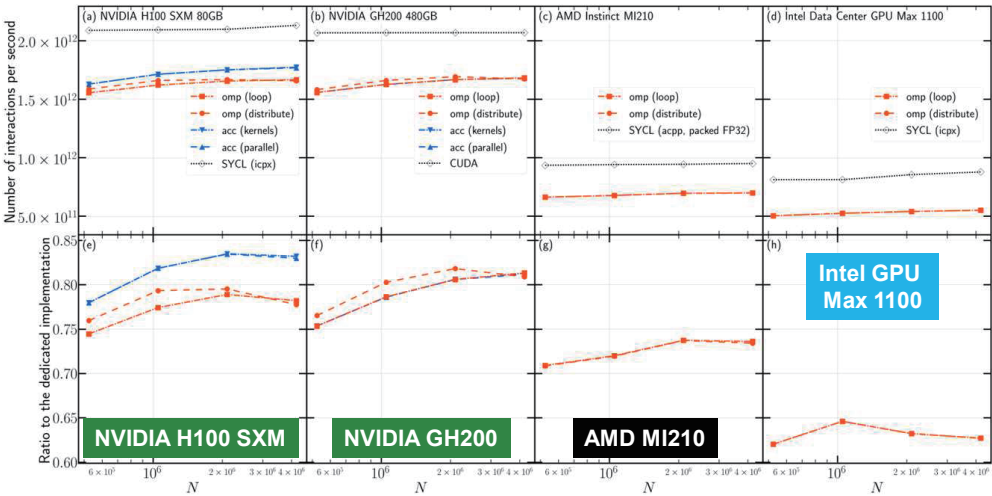
After

Solomon [Miki et al. 2024] (2/2)

Unified Interfaces for Directive-based GPU Offloading



- N体問題アプリにおいて, CUDA/HIP/SYCLでGPU化・チューニングしたものの60-80%の性能を実現
 - 各種GPUにおいて正確な結果
- オープンソース, Free
- 現状はC/C++のみ対応
 - Fortran版整備中(HAIRDESCの活動)
- 将来的にはKokkos, HPSFへの貢献



115

Category	Name (Organizations)	Target, Method etc.	Language
Engineering (5)	FrontISTR (U.Tokyo)	Solid Mechanics, FEM	Fortran
	FrontFlow/blue (FFB) (U.Tokyo)	CFD, FEM	Fortran
	FrontFlow/red (AFFr) (Advanced Soft)	CFD, FVM	Fortran
	FFX (U.Tokyo)	CFD, Lattice Boltzmann Method (LBM)	Fortran
	CUBE (Kobe U./RIKEN)	CFD, Hierarchical Cartesian Grid	Fortran
Biophysics (3)	ABINIT-MP (Rikkyo U.)	Drug Discovery etc., FMO	Fortran
	UT-Heart (UT Heart, U.Tokyo)	Heart Simulation, FEM etc.	Fortran, C
	Lynx (Simula, U.Tokyo)	Cardiac Electrophysiology, FVM	C
Physics (3)	MUTSU/iHallMHD3D (NIFS)	Turbulent MHD, FFT	Fortran
	Nucl_TDDFT (Tokyo Tech)	Nuclear Physics, Time Dependent DFT	Fortran
	Athena++ (Tohoku U. etc.)	Astrophysics/MHD, FVM/AMR	C++
Climate/ Weather/ Ocean (4)	SCALE (RIKEN)	Climate/Weather, FVM	Fortran
	NICAM (U.Tokyo, RIKEN, NIES)	Global Climate, FVM	Fortran
	MIROC-GCM (AORI/U.Tokyo)	Atmospheric Science, FFT etc.	Fortran77
	Kinaco (AORI/U.Tokyo)	Ocean Science, FDM	Fortran
Earthquake (4)	OpenSWPC (ERI/U.Tokyo)	Earthquake Wave Propagation, FDM	Fortran
	SPECFEM3D (Kyoto U.)	Earthquake Simulations, Spectral FEM	Fortran
	hbi_hacapk (JAMSTEC, U.Tokyo)	Earthquake Simulations, H-Matrix	Fortran
	sse_3d (NIED)	Earthquake Science, BEM (CUDA Fortran)	Fortran

116

今後のプログラミング環境

- Fortranからの脱却
 - 各社が(最適化された)Fortranコンパイラを継続して提供するのか？
 - 完全に捨てる, というのは一つの方向
 - GPU化と比較して更に時間がかかる
 - 恐らく10年単位の時間を要する: とりあえず教えるのをやめることが急務
 - Kokkos, Solomon等の活用: Fortranの寿命を延ばす
 - 日本の各機関による積極的なコミットが必要
 - 誰かにやってもらうのを待っている, というわけにもいかない
 - SolomonのFortran向け拡張, Kokkosへの組み込み
 - LLMの活用
 - Sekender et al., Finding Equivalent OpenMP Fortran and C/C++ Snippets using Large Language Models, ACM Proceeding of IWOMP 2024
 - https://dl.acm.org/doi/abs/10.1007/978-3-031-72567-8_10
- 「様々なGPUに対応するべく検討すること」と「Fortranとの付き合い方を再考する」は, ほぼ同義

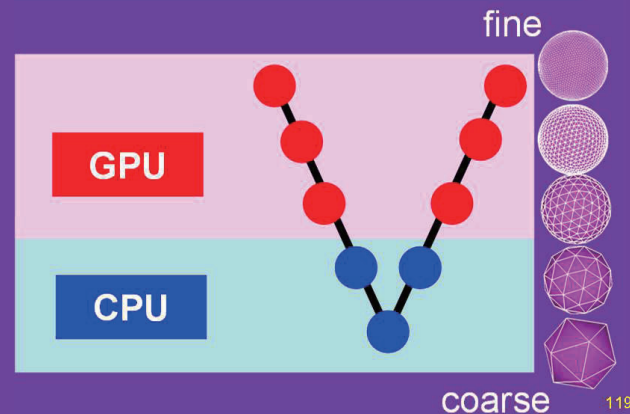
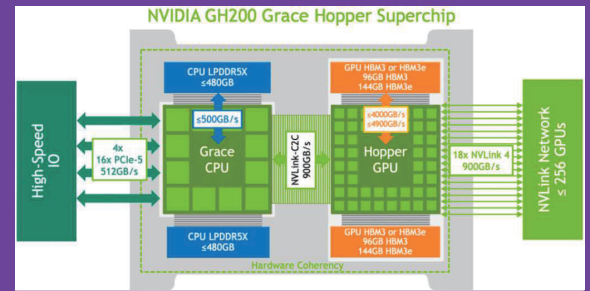
HAIRDESCにおけるチャレンジ

- 混合精度・低精度演算, エミュレーション
- LLMを利用したGPU移植
- ポータブル(Portable)なプログラミング環境
- **CPU/GPUの効果的な利用**

NVLink-C2C on GH200

Miyabi

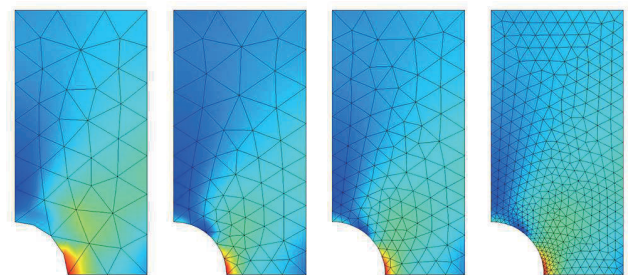
- Grace-Hopper相互のメモリ空間を直接参照可, NUMA的な扱い
- CPU-GPU間: コヒーレントインタフェース (NVLink-C2C, 450GB/sec/dir)
 - PCIe Gen 5の7倍以上の帯域
 - CPU-GPUの効率的使い分け可能
 - 従来は転送がボトルネック
 - プログラミングも容易
 - AMD MI300Aも同じ方向性
- 小規模問題, GPUが不得意な計算をCPUが柔軟に処理することも可能
 - 例: 多重格子法
 - 細かい格子レベルをGPU
 - 粗い格子レベルをCPU



119

CPU-GPU併用(1/2)

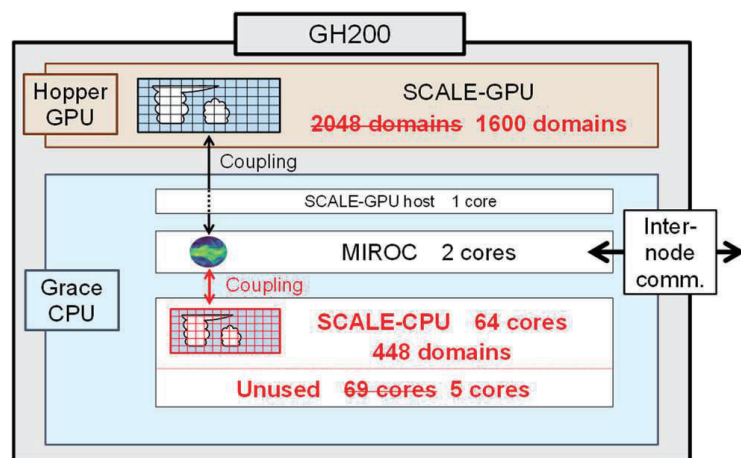
- CPU
 - GPUのホスト
 - GPUが不得意な計算
 - 分岐: 多, 計算量: 小, 複雑
 - 例: Adaptive Mesh Refinement (AMR)
- 従来はCPU $\leftrightarrow$ GPU間のデータ転送がボトルネックであったが, NVIDIA GH200で提供されている, NVLink-C2Cによって劇的に効率化
- 山崎一哉, GPU化済の気象コードにおけるホストCPUコアの有効活用, 情報処理学会研究報告2025-HPC-198-42, 2025
 - Miyabi-G (Grace-Hopper)



120

GPU化された気象コードのホストCPUの有効利用 [山崎 2025] (1/2)

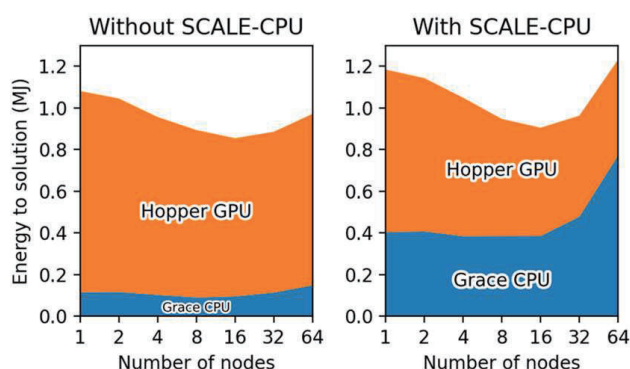
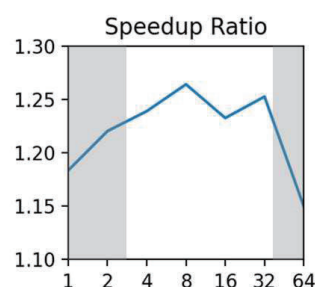
- SP-MIROC on Miyabi with NVIDIA GH200
 - MIROC: low-cost global component using only 2 cores of host CPU
 - SCALE-RM: expensive detailed regional weather model on GPU
 - Embarrassingly Parallel Computation
 - 69 cores on Grace CPU are unused
- Motivation
 - Utilization of 64 cores of Grace for SCALE-CPU, which co-works with SCALE-RM



- SCALE
 - GPU: 1,600 domains, CPU: 448 domains, well-balanced.

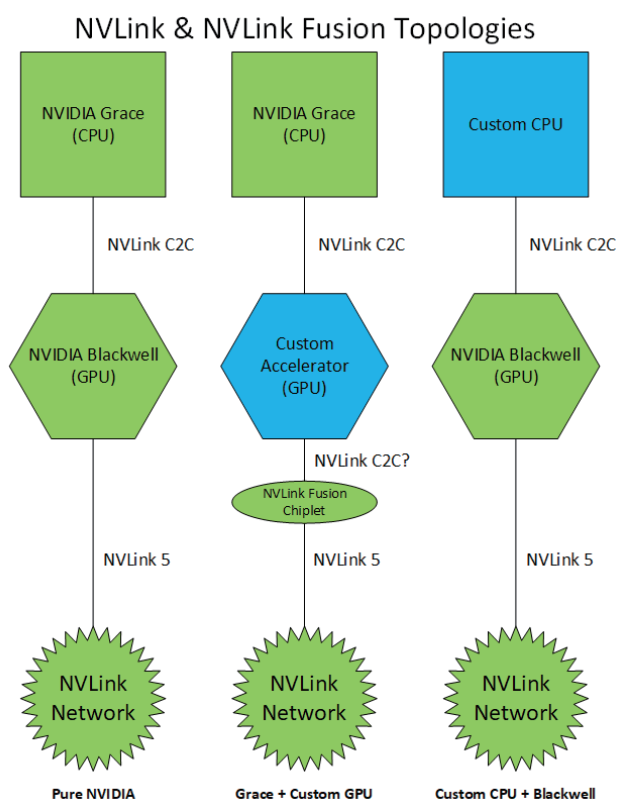
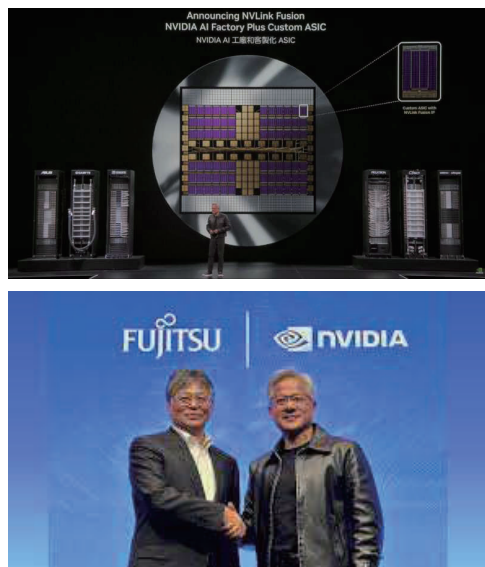
GPU化された気象コードのホストCPUの有効利用 [山崎 2025] (2/2)

- Max. 25% Speed-up by SCALE-CPU
 - GPU:CPU for FP64 performance is 22:1, while ratio of memory bandwidth is 8:1
 - allowing Grace CPUs to contribute substantially to the total performance.
- Total energy consumption of the GH200 module increased by 5~10 %
 - because energy efficiency of Grace GPU is lower than Hopper CPU.



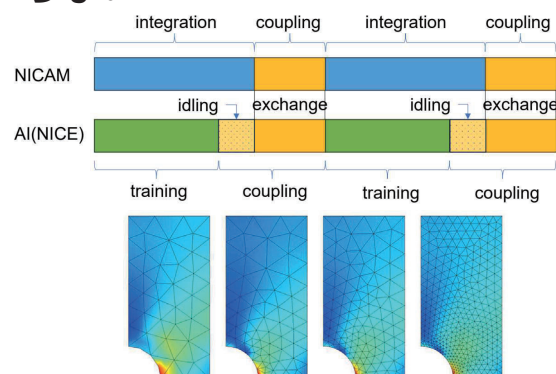
NVLink Fusion

NVLinkの仕様を公開, NVIDIA以外のCPUにも適用可能: 富士通, Intel



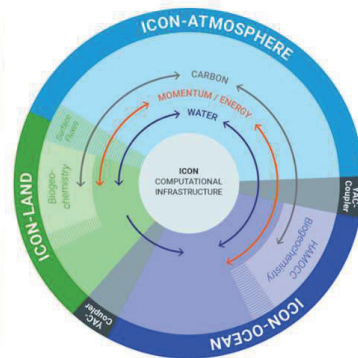
CPU-GPU併用(2/2)

- 「富岳NEXT」でもNVLink-C2C/Fusionの導入が期待される
- GPU・CPUの性能比
 - GH200 計算(FP64) 22:1, メモリバンド幅 8:1
 - 富岳NEXT 計算(FP64)・メモリバンド幅共に 100:1
- 富岳NEXTでは, Memory-Boundな計算でも, GPUで実施している計算の一部をCPUに担当させたとしても, 効率は上がらない
- CPU-GPUをパイプライン的に使えるような計算が効果的
 - 可視化, データ処理, I/O
 - 「計算・学習」, 「計算・推論」の学習・推論部をCPU(Monaka-X)が担当
 - ElapsedタイムでCPU=GPUとなるくらい

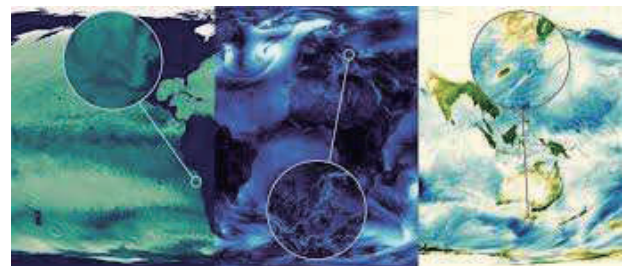
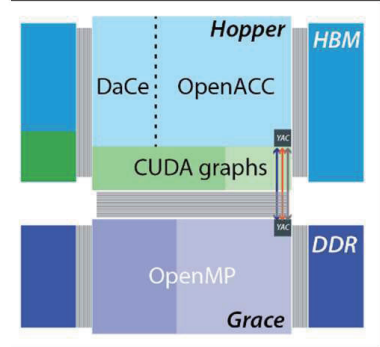


SC25 Gordon Bell Climate Award

Atmosphere-Ocean-Land Coupling on NVIDIA GH200 CPU/GPU of the JUPITER System@JSC



GH200



- 「計算・データ・学習(S+D+L)」融合
 - Wistereia/BDEC-01
 - Miyabi
 - h3-Open-BDEC
 - JHPC-quantum
- 「富岳NEXT」におけるアプリケーションとプログラミング
- まとめ

まとめ

- 「計算・データ・学習」融合 (Wisteria/BDEC-01, Miyabi, h3-Open-BDEC)
- QC-HPCハイブリッド
- 富岳NEXT
 - 「S+D+L」融合⇒AI for Science
 - h3-Open-BDEC
 - 生成AIの活用, 大規模シミュレーションによる学習
 - QC-HPCハイブリッド
 - GPU化
 - CPU-GPU併用
 - 低精度演算によるFP64エミュレーション, Ozaki Scheme
 - 多様なGPUへの対応, 将来のプログラミング環境
 - HPSF, Kokkos, Solomon
 - 脱Fortran: 10年の計, 長期的展望のもとで進める必要がある
 - 生成AI・LLM活用



SCA/HPCAsia 2026
Everything with HPC - AI, Cloud, QC and Future Society

Date January 26-29, 2026
Venue Osaka International Convention Center (Osaka, Japan)

Keynote Speakers

HPC Kathy Yelick UC Berkeley Mateo Valero BSC	AI Hiroaki Kitano Sony CSL/OIST Torsten Hoefler ETH Zurich	QC Jay Gambetta IBM Keisuke Fujii Univ. of Osaka
---	--	--



SCAasia
SupercomputingAsia
Gathering the Best of HPC in Asia



HPC Asia 2026



- 2026年1月26日～29日, 大阪国際会議場(グランキューブ)
- 早期登録締切: 1月5日 (NEW)
- 50,000円～60,000円と, 充実した国際会議としては格安です。この機会をお見逃しなく!

アドバンスソフト
からの情報提供

1. 今後のセミナー予定
2. セミナー資料のダウンロード
3. アーカイブ動画のご案内

Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

今後のセミナー予定

第10回

2026年1月23日（金）
14:00～15:30

「地層処分の安全評価における
シミュレーションの活用と展望」
原子力発電環境整備機構
技術部 性能評価技術グループ
グループマネージャー 石田 圭輔 様

受付中

アドバンス・シミュレーション・セミナー2026の企画も進行中です。
ぜひご期待ください。

Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

下記のURLから、過去のセミナー資料をダウンロード可能です。
<https://www.advancesoft.jp/download/>



Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

YouTubeにて、セミナーのアーカイブ動画を配信中
<https://www.youtube.com/user/advancesoft>



Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.



警告

このレポートに収録されている文章および内容については、ご自身のために役立てる用途に限定して無料配布しています。
このレポートを、販売、オークション、その他の目的で利用するには、著作権者の許諾が必要になります。
このレポートに含まれている内容を、その一部でも著作権者の許諾なしに、複製、改変、配布を行うことおよびインターネット上で提供する等により、一般へ送ることは法律によって固く禁止されています。