

Wisteria/BDEC-01: 『計算・データ・学習』融合による Society 5.0実現へ向けて



**Wisteria
BDEC-01**

中島 研吾
(東京大学情報基盤センター)

PCクラスタワークショップ in 柏 2021
2021年6月18日(オンライン)

• a. 東京大学情報基盤センター

- 中島研吾^{a,b,c}
- 埴 敏博^{a,b,c}
- 下川辺隆史^{a,b}
- 伊田明弘(JAMSTEC)^{a,b}
- 芝 隼人^{a,b}
- 三木洋平^a
- 星野哲也^{a,b}
- 有間英志(TUM)^{a,b}
- 河合直聡^{a,b,c}
- 坂本龍一^{a,b}
- 近藤正章(慶應大)^{a,b}



**Wisteria
BDEC-01**



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

• b. 科研費基盤研究S「(計算+データ+学習)融合によるエクサスケール時代の革新的シミュレーション手法 (19H05662)」(代表: 中島研吾)

- 岩下武史(北海道大)^b
- 八代 尚(国立環境研)^{b,c}
- 長尾大道(東大地震研)^{b,c}
- 下川辺隆史(東大情基セ)^{a,b}
- 松葉浩也(東大情基セ・日立)^{a,b,c}
- 荻田武史(東京女子大)^b
- 片桐孝洋(名古屋大)^b



• c. JHPCN共同研究課題(2021年度)「三次元強震動シミュレーションとリアルタイムデータ同化の融合(jh210022-MDH)」(代表: 中島研吾)

- 古村孝志(東大地震研)^{b,c}
- 鶴岡 弘(東大地震研)^c
- 市村 強(東大地震研)^{b,c}
- 藤田航平(東大地震研)^{b,c}
- 大島聡史(名古屋大)^{b,c}
- 荒川 隆(RIST)^{b,c}
- 住元真司(富士通)^c
- 坂口吉生(富士通)^c



謝 辞

- 科研費基盤研究(S)(19H05662)
- 新エネルギー・産業技術開発機構(NEDO):
戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)
第2期／ビッグデータ・AIを活用したサイバー
空間基盤技術
- 学際大規模情報基盤共同利用共同研究拠点(JHPCN)
 - jh21015, jh210022, jh210026, jh210051

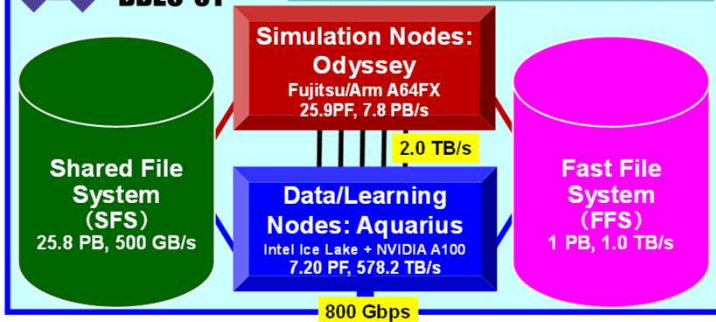


新エネルギー・産業技術総合開発機構
New Energy and Industrial Technology Development Organization



**Wisteria
BDEC-01**

Platform for Integration of (S+D+L)
Big Data & Extreme Computing



External
Resources



External Network



External
Resources



**Wisteria
BDEC-01**



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



- Location: Tokyo & Kashiwa/Chiba, Japan
 - <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/>
- Faculty & Staff: 20
 - System Software, Parallel Algorithms, Applications, Machine Learning
- HPC Environment
 - **Reedbush (HPE, Intel BDW + NVIDIA P100 (Pascal))**
 - Integrated Supercomputer Sys. for Data Analyses & Scientific Simulations, July 2016-November 2021 (Plan)
 - Our first GPU System
 - **Oakforest-PACS (OFP) (Fujitsu, Intel Xeon Phi (KNL))**
 - JCAHPC (U.Tsukuba & U.Tokyo), September 2016-March 2022
 - 25 PF, #22 in 56th TOP 500 (November 2020) (#4 in Japan)
 - **Oakbridge-CX (OBCX) (Fujitsu, Intel Xeon Cascade Lake)**
 - 6.61 PF, #69 in 56th TOP500, July 2019-June 2023 (Plan)
 - **Wisteria/BDEC-01 (Fujitsu, A64FX + Intel Xeon Icelake + NVIDIA A100)**
 - 33.1 PF, Operation starts on May 14, 2021
 - Platform for Integration of (Simulation + Data + Learning) (S+D+L)
 - h3-Open-BDEC: Innovative Software Platform for Integration of (S+D+L) funded by Japanese Government



Reedbush



Oakforest-PACS



Oakbridge-CX

FY11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

Yayoi, Hitachi SR16000/M1
IBM Power-7
54.9 TFLOPS, 28.7 TB/sec.

Oakbridge-CX, Fujitsu
Intel Xeon Cascade Lake
6.61 PFLOPS, 385.2 TB/sec.

T2K Tokyo, Hitachi
AMD Opteron
140.0 TF, 38.1 TB/sec.

Oakforest-PACS (OFP) (JCAHC)
Fujitsu, Intel Xeon Phi
25.0 PFLOPS, 8.51 PB/sec.

OFP-II
(JCAHPC)
100+ PF ?

Oakleaf-FX, Fujitsu PRIMEHPC FX10
SPARC64 IXfx
1.13 PFLOPS, 408.0 TB/sec.



BDEC: Wisteria/BDEC-01, Fujitsu
Fujitsu A64FX (Odyssey) +
Intel Xeon Ice Lake/NVIDIA A100
(Aquarius)
33.1 PFLOPS, 8.38 PB/sec.

Integrated Supercomputer System for
Simulation, Data & Learning

Oakbridge-FX, Fujitsu
SPARC64 IXfx
136.2 TFLOPS, 49.0 TB/sec.

Data Platform (mdx), Fujitsu
Intel Ice Lake/NVIDIA A100 etc.
8.50 PFLOPS, 0.665 PB/sec.

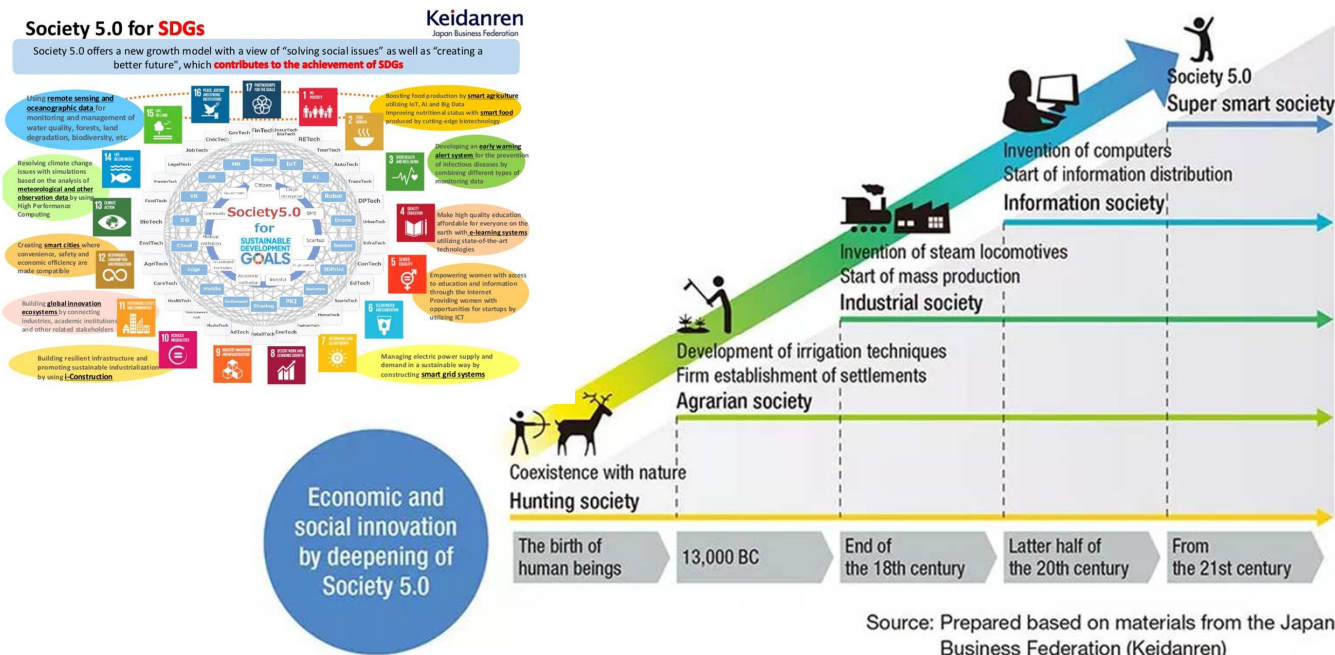
東京大学情報基盤
センターのスパコン
利用者2,600+名
55%は学外

Reedbush-U/H, HPE
Intel BDW + NVIDIA P100
1.93 PFLOPS, 258.6 TB/sec.

Reedbush-L, HPE
Intel BDW + NVIDIA P100
1.43 PFLOPS, 197.2 TB/sec.

Society 5.0: 日本が提唱する未来社会のコンセプト

デジタル革新・イノベーション（IoT, AI, ビッグデータ等）により、サイバー空間（仮想）とフィジカル空間（現実）を高度に融合させたシステムを構築し、経済発展と社会的課題の解決を両立する、超スマートな人間中心の社会



5.0: Super Smart

4.0: 情報

3.0: 工業

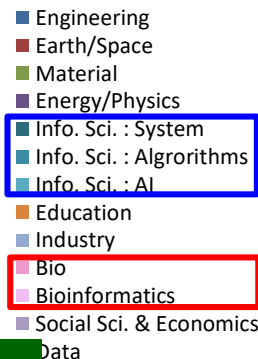
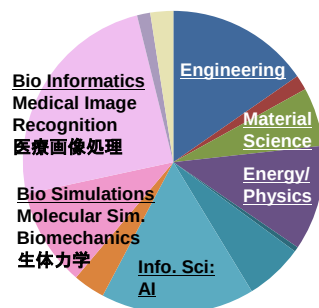
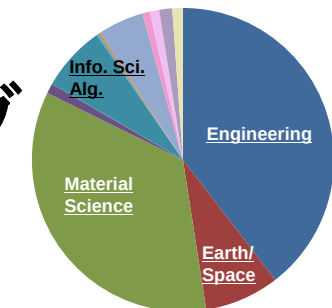
2.0: 農耕

1.0: 狩猟

Source: Prepared based on materials from the Japan Business Federation (Keidanren)

今後の スーパーコンピューティング

- ワークロードの多様化
 - 計算科学, 計算工学: Simulations
 - 大規模データ解析
 - AI, 機械学習
- (シミュレーション(計算) + データ + 学習) 融合 $\Rightarrow$ Society 5.0 実現に有効
 - フィジカル空間とサイバー空間の融合
 - S: シミュレーション(計算) (Simulation)
 - D: データ (Data)
 - L: 学習 (Learning)
 - Simulation + Data + Learning = S+D+L
- 2021年春に柏IIキャンパスで始動
 - BDEC (Wisteria/BDEC-01): 賢いスパコン
 - Data Platform (mdx): Cloud的, よりフレキシブル



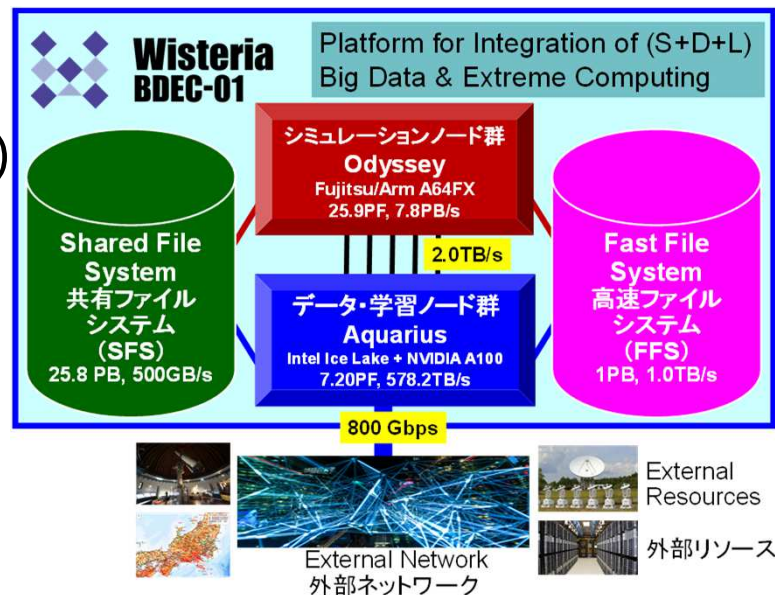
BDEC: S + D + L

mdx: s + D + L

Wisteria/BDEC-01

- 2021年5月14日運用開始
 - 東京大学柏Ⅱキャンパス
- 33.1 PF, 8.38 PB/sec., 富士通製
 - ~4.5 MVA(空調込み), ~360m²
- Hierarchical, Hybrid, Heterogeneous (h3)
- 2種類のノード群**
 - シミュレーションノード群(S, SIM) : Odyssey**
 - 従来のスパコン
 - Fujitsu PRIMEHPC FX1000 (A64FX), 25.9 PF
 - 7,680ノード(368,640 コア), 20ラック, Tofu-D
 - データ・学習ノード群(D/L, DL) : Aquarius**
 - データ解析, 機械学習
 - Intel Xeon Ice Lake + NVIDIA A100, 7.2 PF
 - 45ノード(Ice Lake:90基, A100:360基), IB-HDR
 - 一部は外部リソース(ストレージ, サーバー, センサーネットワーク他)に直接接続
- ファイルシステム: 共有(大容量) + 高速

BDEC:「計算・データ・学習(S+D+L)」
融合のためのプラットフォーム
(Big Data & Extreme Computing)



Wisteria
BDEC-01

柏田中校 子自塾

BE studio 柏の葉5丁目
教室 ペネッセの英語教室
伊勢原

東京大

★ 柏キャンパス
OFP, OBCX

国立がん研究
センター東病院

柏市立田中中

柏市立田中保育園(文)

柏市立

柏田中郵便局

5 寿司 流山青田店 

ヨークマート
柏の葉公園店

柏の葉公園野球場

柏の葉公園総合競技場

 さわやかちば県民プラザ

柏IIキャンパス
Wisteria/BDEC-01, mdx
ABCI/ABCI-II

柏の葉公園
コミュニティ体育館

駒木台

千葉県立柏の葉高  文

KASHIWANOHA
T-SITE

北の杜保育園 

正連寺

ローソン 柏の葉16号店

ボクシング

千葉県警察 第三機動隊

辻仲病院 柏の葉 

三井ガーデン
ホテル柏の葉

柏市場総合卸協同組合

山岡家 柏店

若柴

ららぽーと 柏の葉 

柏の葉キャンパス

TX「柏の葉キャンパス」駅

Google

地图

這

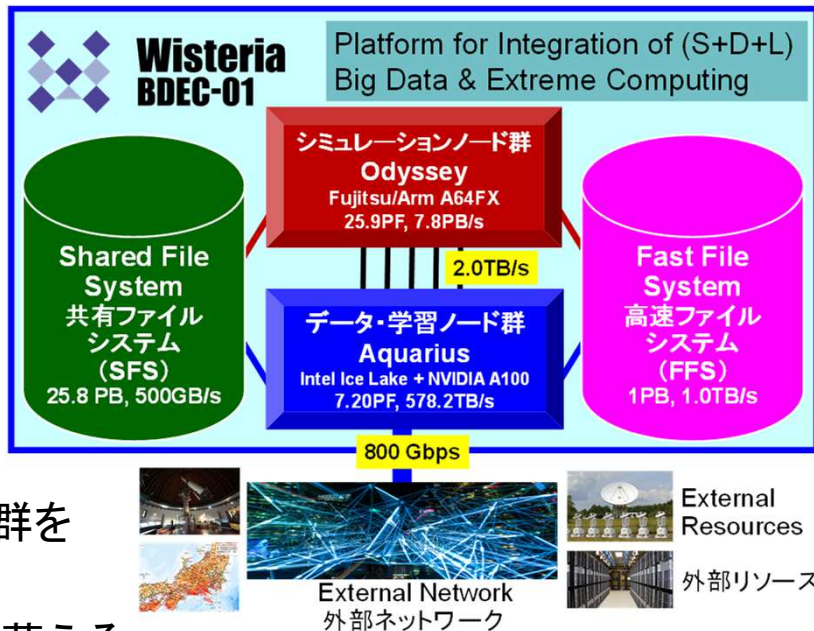
+

Wisteria/BDEC-01ノード群構成



Wisteria BDEC-01

- シミュレーションノード群: Odyssey
 - GPUクラスタ, という選択肢もあったが, 短期間に利用者の移行は困難と判断
 - 利用者プログラムの移植性重視
 - 高いメモリバンド幅: 計算力学系アプリケーション
- データ学習ノード群: Aquarius
 - 当初からGPUクラスタ採用を念頭に
- 結果的にヘテロジニアスな構成に...
 - 2019年秋頃までは, シミュレーションノード群をGPUクラスタにすることも視野に
 - Perlmutterの話を2019年9月に聞き気持ち萎える
- Hierarchical, Hybrid, Heterogeneous $\Rightarrow$ h3





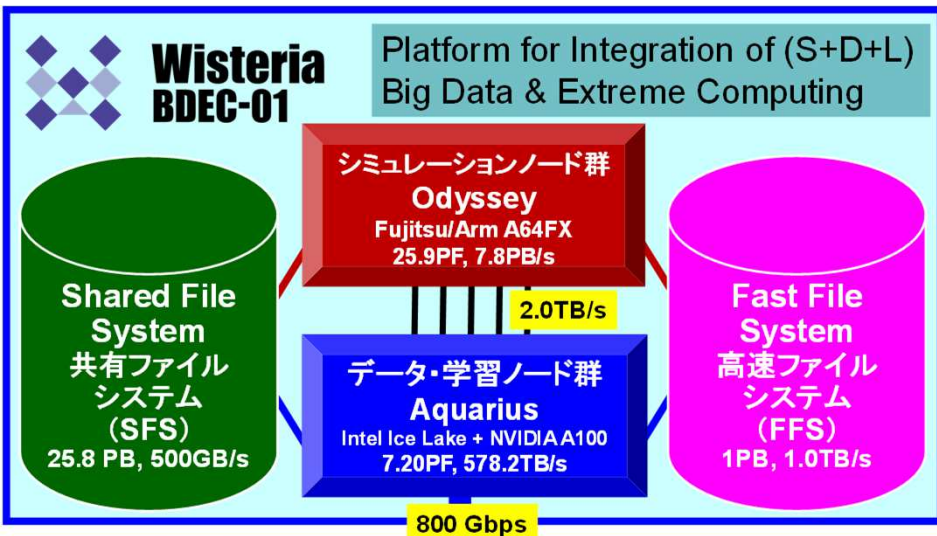
**Wisteria
BDEC-01**

Wisteria/BDEC-01 (S+D+L) 融合プラットフォーム



**Wisteria
BDEC-01**

Platform for Integration of (S+D+L)
Big Data & Extreme Computing



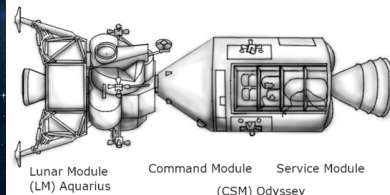
External Network
外部ネットワーク



External
Resources

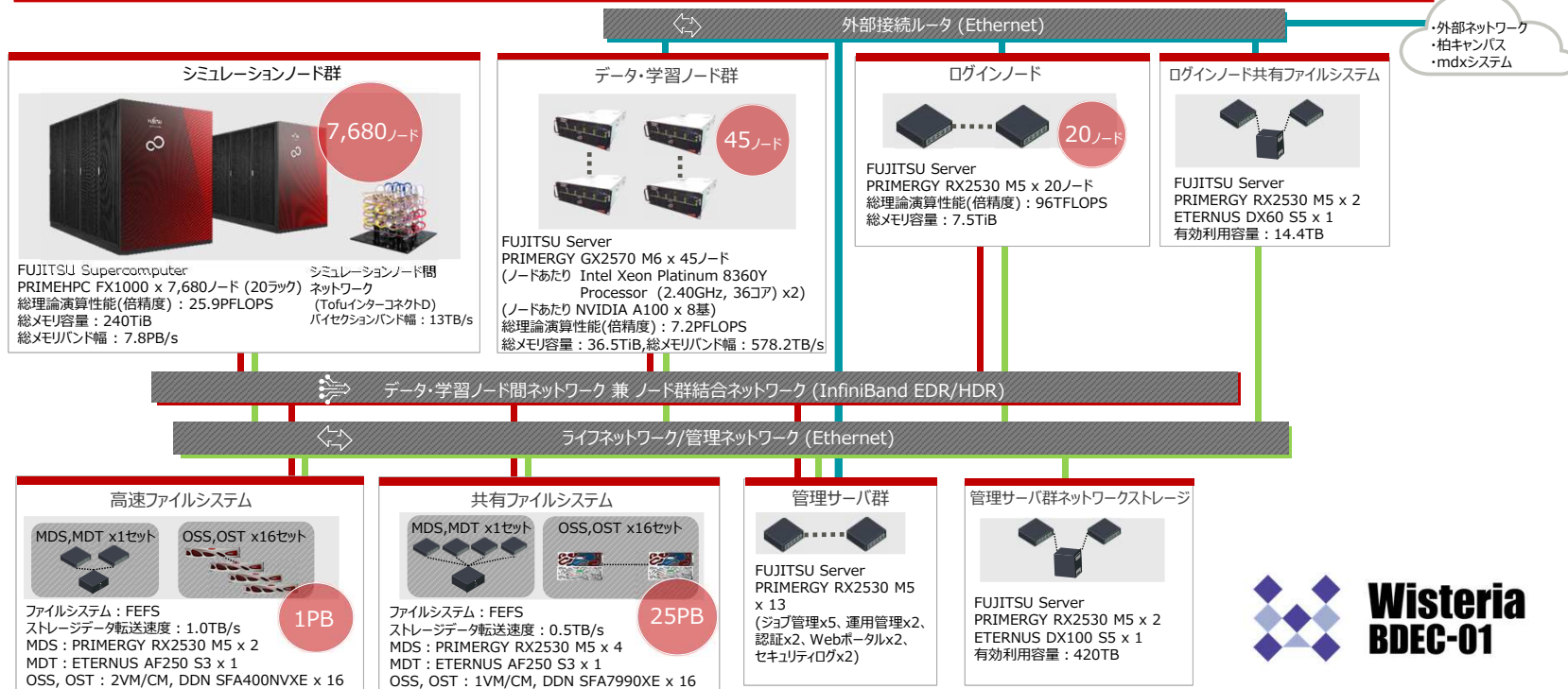
外部リソース

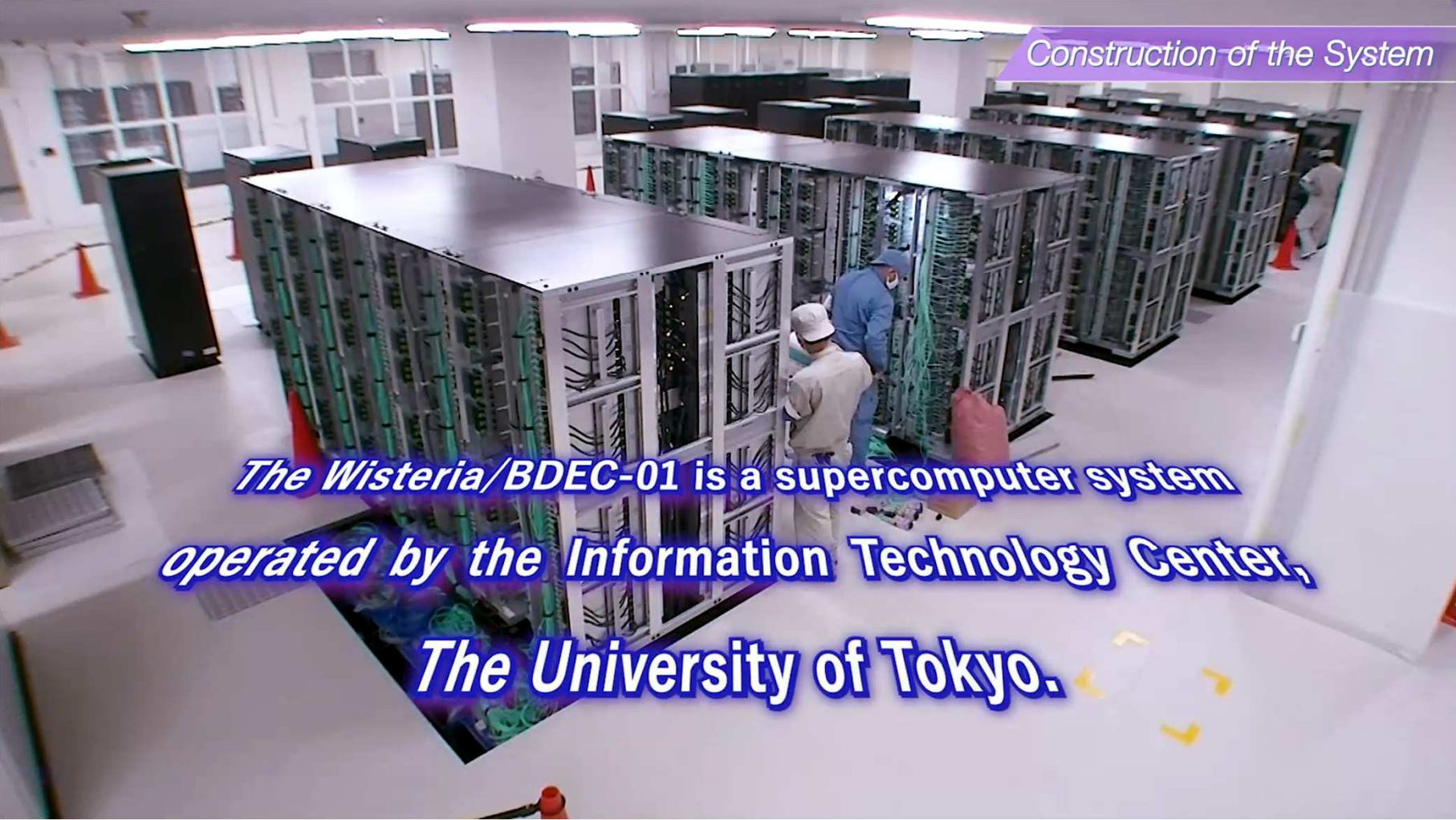
- Wisteria (紫藤)
 - 手賀沼(柏市)に伝わる「藤姫伝説」
- Odyssey
 - アポロ13号・司令船(Command Module, CM)のコールサイン
- Aquarius
 - アポロ13号・月着陸船(Lunar Module, LM)のコールサイン
- 人類と地球を護る



システム構成図

シミュレーションノード : 7,680ノード (総理論演算性能 25.9 PFLOPS、総メモリバンド幅 7.8 PB/s)
データ・学習ノード : 45ノード (総理論演算性能 7.2 PFLOPS、総メモリバンド幅 578.2 TB/s)



A photograph of a large supercomputer system, the Wisteria/BDEC-01, in a data center. The system consists of multiple tall, black server racks filled with green circuit boards and cables. Two workers in white protective suits and hard hats are standing in front of one of the racks, appearing to be working on it. The floor is light-colored and has some orange traffic cones. The background shows more racks and a windowed wall.

*The Wisteria/BDEC-01 is a supercomputer system
operated by the Information Technology Center,
The University of Tokyo.*

GFLOPS (ピーク性能) 当たり利用負担 (円) : 電気代 GFLOPS/W (Green 500)

***1: Fugaku, *2 NVIDIA DGX SuperPOD, TOP/Green 500@Nov. 2020**

System	JPY/GFLOPS Small is Good	GFLOPS/W Large is Good
Oakleaf-FX/Oakbridge-FX (Fujitsu) (Fujitsu SPARC64 IXfx)	125	0.866
Reedbush-U (HPE) (Intel Xeon Broadwell (BDW))	61.9	2.310
Reedbush-H (HPE) (Intel BDW+NVIDIA P100x2/node)	15.9	8.575
Reedbush-L (HPE) (Intel BDW+NVIDIA P100x4/node)	13.4	10.167
Oakforest-PACS (Fujitsu) (Intel Xeon Phi/KNL)	16.5	4.986
Oakbridge-CX (Fujitsu) (Intel Xeon Cascade Lake)	20.7	5.076
Wisteria-Odyssey (Fujitsu/Arm A64FX)	17.8	14.66 ^{*1}
Wisteria-Aquarius (Intel Xeon Ice Lake + NVIDIA A100x8)	9.00	26.20 ^{*2}

ソフトウェア群

項目	Wisteria-O (Odyssey)	Wisteria-A (Aquarius)
OS	Red Hat Enterprise Linux 8 (aarch64)	Red Hat Enterprise Linux 8 (x86_64)
コンパイラ	GNU コンパイラ	GNU コンパイラ
	富士通社製 コンパイラ (Fortran77/90/95/2003/2008、C、C++)	Intel コンパイラ(Fortran77/90/95/2003/2008、C、C++) NVIDIA HPC SDK (Fortran77/90/95/2003/2008、C、C++、OpenACC 2.7) NVIDIA CUDA SDK (CUDA C、CUDA C++)
メッセージ通信 ライブラリ	富士通社製MPI	Intel MPI、Open MPI

項目	Wisteria-O (Odyssey)	Wisteria-A (Aquarius)
ライブラリ	SuperLU、SuperLU MT、SuperLU DIST、METIS、MT-METIS、ParMETIS、Scotch、PT-Scotch、PETSc、Trillinos、FFTW、GNU Scientific Library、NetCDF、Parallel netCDF、HDF5、Parallel HDF5、CMake、Miniconda、Xabclib、ppOpen-HPC、MassiveThreads、Boost C++、mpiJava	
	富士通社製ライブラリ(BLAS、CBLAS、LAPACK、ScaLAPACK)	Intel社製ライブラリ(MKL)(BLAS、CBLAS、LAPACK、ScaLAPACK)、cuBLAS、cuSPARSE、cuFFT、MAGMA、cuDNN、NCCL
アプリケーション	OpenFOAM、ABINIT-MP、PHASE、FrontFlow/blue、FrontISTR、REVOCAP-Coupler、REVOCAP-Refiner、OpenMX、MODYLAS、GROMACS、BLAST、R packages、bioconductor、BioPerl、BioRuby、BWA、GATK、SAMtools、Quantum ESPRESSO、Xcrypt、ROOT、Geant4、LAMMPS、CP2K、NWChem、DeepVariant、Paraview、VisIt、POV-Ray、TensorFlow、Chainer、PyTorch、Keras、Horovod、MXNet	
		Theano
フリーソフトウェア	autoconf、automake、bash、bzip2、cvs、emacs、findutils、gawk、gdb、make、grep、gnuplot、gzip、less、m4、python、perl、ruby、screen、sed、subversion、tar、tcsh、tcl、vim、zsh、git など	
		Globus Toolkit、Gfarm、FUSE
コンテナ仮想化	Singularity Community Edition	

Simulation Nodes Odyssey

25.9 PF, 7.8 PB/s

Fast File
System
(FFS)
1.0 PB,
1.0 TB/s

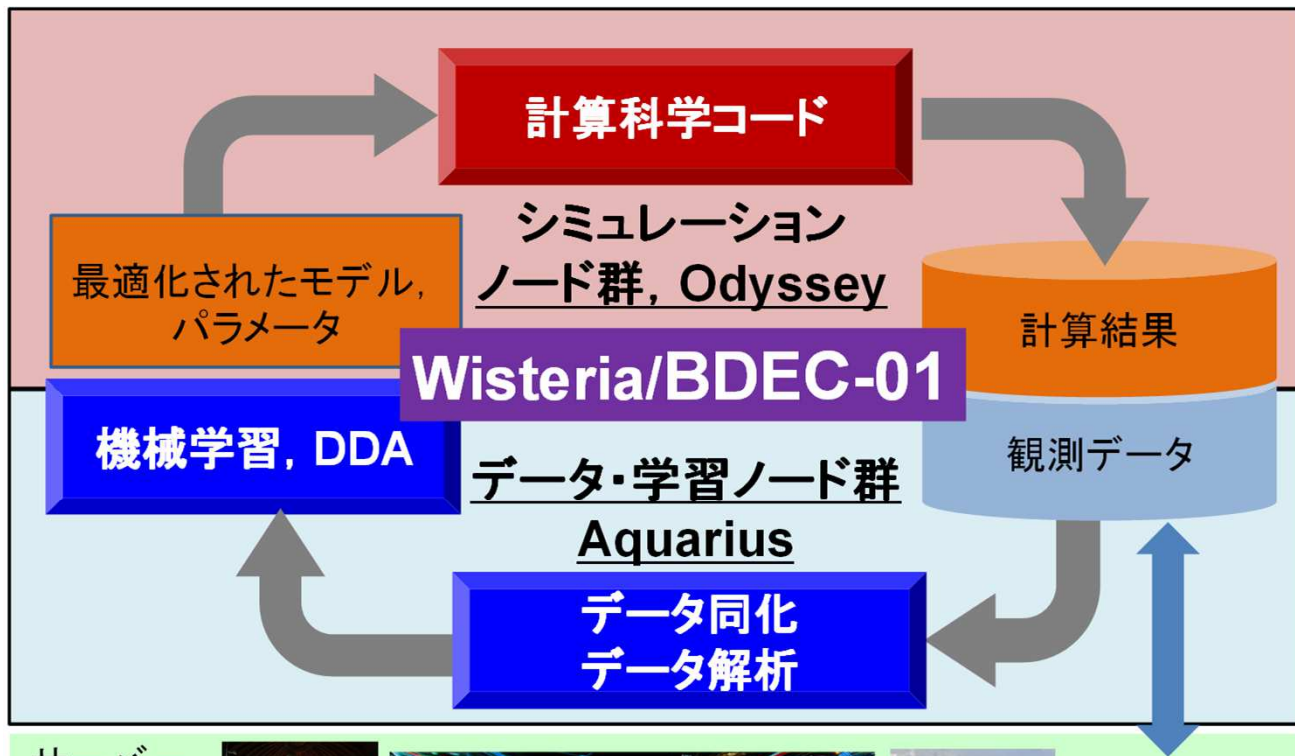
Shared File
System
(SFS)
25.8 PB,
0.50 TB/s

Data/Learning Nodes Aquarius

7.20 PF, 578.2 TB/s



Wisteria BDEC-01



サーバー
ストレージ
DB
センサー群
他



外部ネットワーク



外部
リソース

Simulation Nodes Odyssey

25.9 PF, 7.8 PB/s

Fast File
System
(FFS)
1.0 PB,
1.0 TB/s

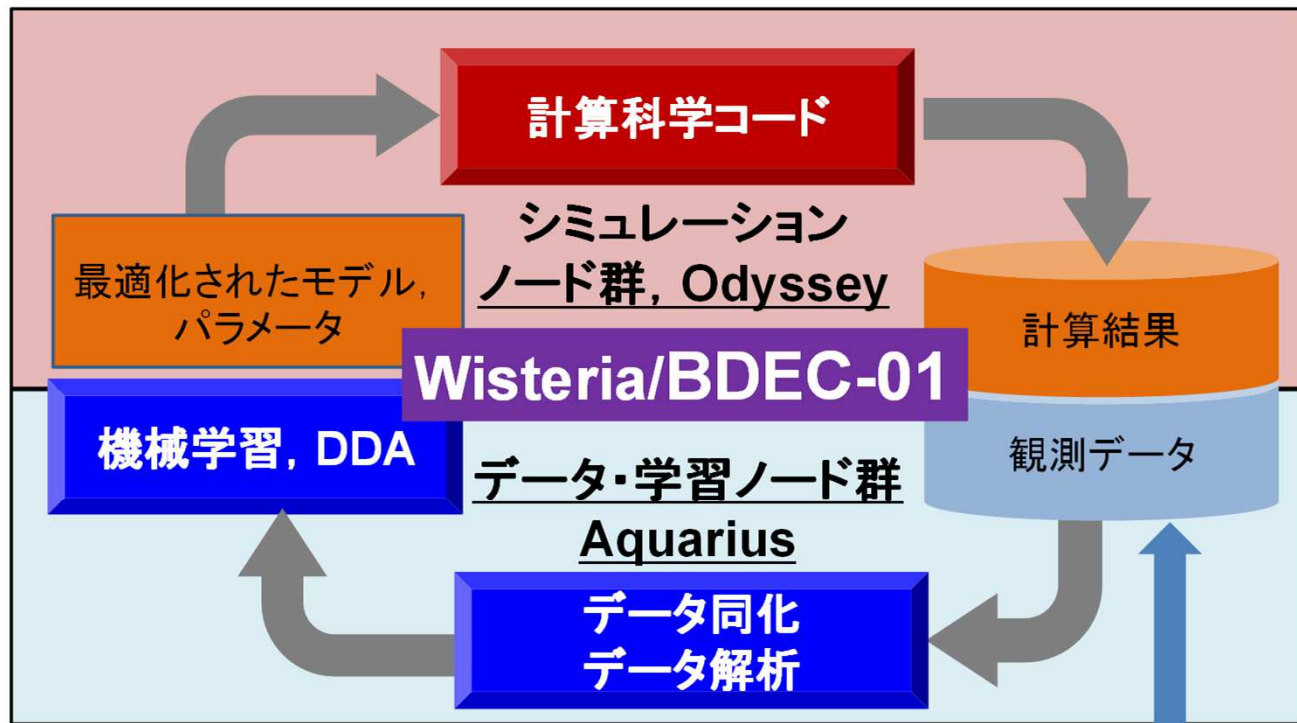
Shared File
System
(SFS)
25.8 PB,
0.50 TB/s

Data/Learning Nodes Aquarius

7.20 PF, 578.2 TB/s



**Wisteria
BDEC-01**



シミュレーションのためのモデル・パラメータのデータ解析, AI/機械学習による最適化 (S+D+L)

- 5月14日(金)10:00 試験運用開始
 - https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/wisteria/service/wisteria_test.php
 - 利用申込は引き続き受付中
 - 7月29日(木)09:00終了
 - 無料, ジョブ実行時間は正式運用時の半分程度
 - 正式運用に継続されない場合はファイルは消去します
 - 8月2日(月)09:00 正式運用開始
- 利用形態
 - トークン(ノード時間)を購入:Odyssey, Aquariusを利用可能(消費係数異なる)
 - Aquarius:ノード固定(8GPU占有), GPU占有(1/2/4 GPU占有)のオプション
 - MIG(Multi-Instance GPU)によるGPU内分割は適用しない
 - Odyssey:消費係数1.5倍の優先キューあり(ノード固定無し)
- 企業利用も募集中(10月から利用, 8月中旬締切)
 - <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/guide/company/>
- 現状ではOdyssey, Aquariusは同時利用はできない



Wisteria
BDEC-01

AI for HPC: Society 5.0実現へ向けた人工知能・データ科学による計算科学の高度化(試行)

<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/guide/exploratory/AIforHPC/>

- (計算+データ+学習(S+D+L))融合実現, データ科学, 機械学習, 人工知能による計算科学の高度化を目指す提案を募集(提案締切:6月30日1700)
- 原則として, 計算科学シミュレーション(自作またはオープンソース)を, データ科学, 人工知能, 機械学習等によって高度化, 効率化することを目的とする
 - 大規模データ同化と人工知能を融合するような研究も受け付ける。
 - プログラム本体のチューニング, アルゴリズム高度化などは対象外ですが, 自動チューニングによって最適アルゴリズムを選択するような提案は歓迎いたします。
- 応募者グループ・センター教員の共同研究として実施
 - 代表者:居住者(大学・研究機関・企業), メンバー:非居住者参加も可能
 - 2022年度JHPCN共同研究課題応募を目指す
- OFP, OBCX, Wisteria/BDEC-01

講習会(申込締切)(O:Odyssey, A:Aquarius)

<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/>

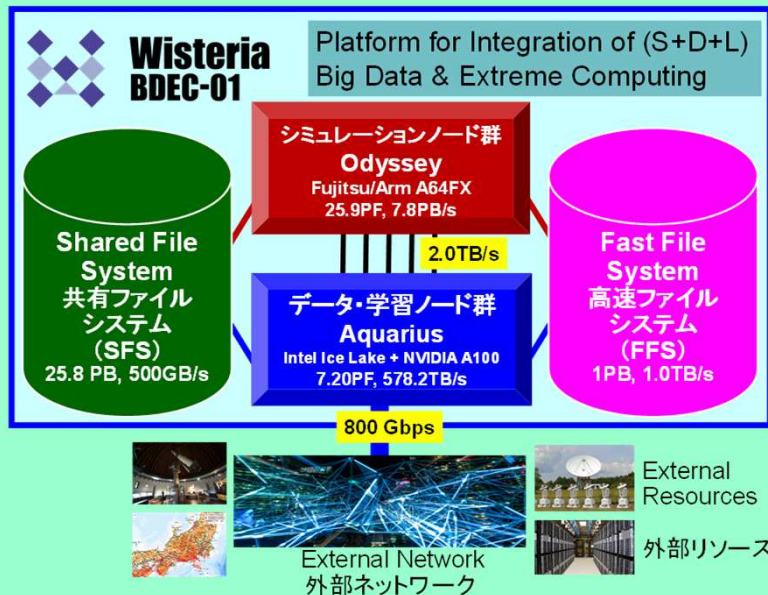
	実施予定日	名称	O	A	URL
第154回	5月31日(月)	OpenMPマルチコアプログラミング	○		https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/154/
第155回	6月01日(火)	OpenFOAM初級	○		https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/155/
第156回	6月04日(金)	Wisteria実践	○	○	https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/156/
第157回	6月09日(水)	GPUプログラミング入門		○	https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/157/
第158回	6月22・29日(火)	GPUミニキャンプ(HPC編)		○	https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/158/
第159回	6月23・30日(水)	GPUミニキャンプ(AI編)		○	https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/159/

技術的な特徴など



**Wisteria
BDEC-01**

- Odyssey
 - SVE (Scalable Vector Extension)
 - Armv8-A命令セットアーキテクチャをスーパーコンピュータ向けに拡張
 - FP16
 - 機械学習・AIワークロードへの適用
- Aquarius
 - HPC・計算科学への適用
 - CPU: Intel Xeon Ice Lake
 - 3rd Generation Intel Xeon Scalable Processors
 - グラフ処理, 推論等: 単独での利用は難しいが
 - GPU: NVIDIA A100 Tensor Core
 - Tensor Core + Tensor Float [TF32]
- Odyssey-Aquarius
 - InfiniBand-EDR



(計算+データ+学習)融合によるエクサスケール時代の革新的シミュレーション手法(1/2)

<http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/h3-Open-BDEC/>

- エクサスケール(富岳+クラス)のスパコンによる科学的発見の持続的促進のため、計算科学にデータ科学、機械学習のアイデアを導入した(計算+データ+学習(S+D+L))融合による革新的シミュレーション手法を提案
 - (計算+データ+学習)融合によるエクサスケール時代の革新的シミュレーション手法(科研費基盤S, 代表: 中島研吾(東大情基セ), 2019年度~2023年度)



**Wisteria
BDEC-01**



(計算+データ+学習)融合によるエクサスケール時代の革新的シミュレーション手法(2/2)

<http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/h3-Open-BDEC/>

- 革新的ソフトウェア基盤「**h3-Open-BDEC**」の開発: 東大BDECシステム(Wisteria/BDEC-01), 「富岳」等を「S+D+L」融合プラットフォームと位置づけ, スパコンの能力を最大限引き出し, 最小の計算量・消費電力での計算実行を実現するために, 下記2項目を中心に研究
 - 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
 - 階層型データ駆動アプローチ(hDDA: Hierarchical Data Driven Approach)等に基づく革新的機械学習手法
 - Hierarchical, Hybrid, Heterogeneous $\Rightarrow$ h3



**Wisteria
BDEC-01**



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



**Wisteria
BDEC-01**

h3-Open-BDEC

新しい計算原理
数値アルゴリズム・ライブラリ

シミュレーション＋データ
＋学習 (S+D+L)
アプリ開発フレームワーク

統合＋通信＋
ユーティリティ
制御 & ユーティリティ

**Hierarchical,
Hybrid,
Heterogeneous**

h3-Open-MATH
高性能・高信頼性・
混合/変動精度アルゴリズム

h3-Open-APP:
Simulation
計算科学アプリケーション

h3-Open-SYS
制御 & 統合

**Big Data &
Extreme
Computing**

h3-Open-VER
精度保証

h3-Open-DATA: Data
データ科学

h3-Open-UTIL
大規模計算向け
ユーティリティ群

h3-Open-AT
自動チューニング

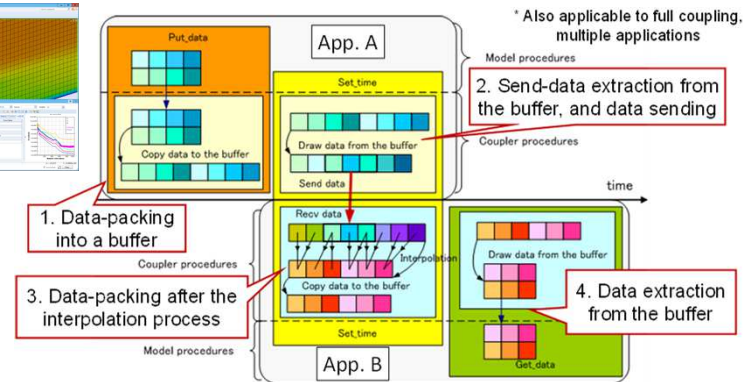
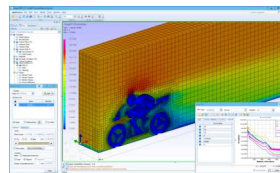
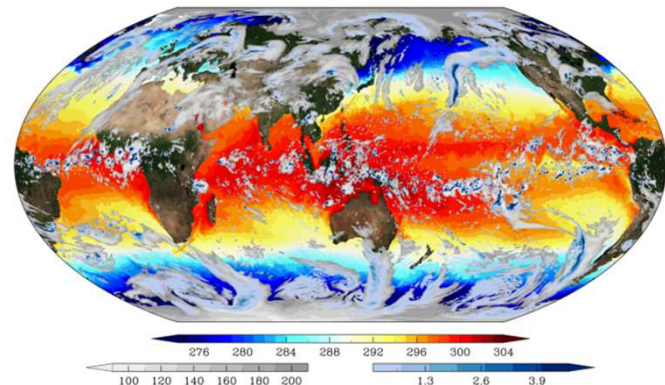
h3-Open-DDA:
Learning
データ駆動・機械学習



Wisteria/BDEC-01上における h3-Open-BDECを使用した(S+D+L)融合

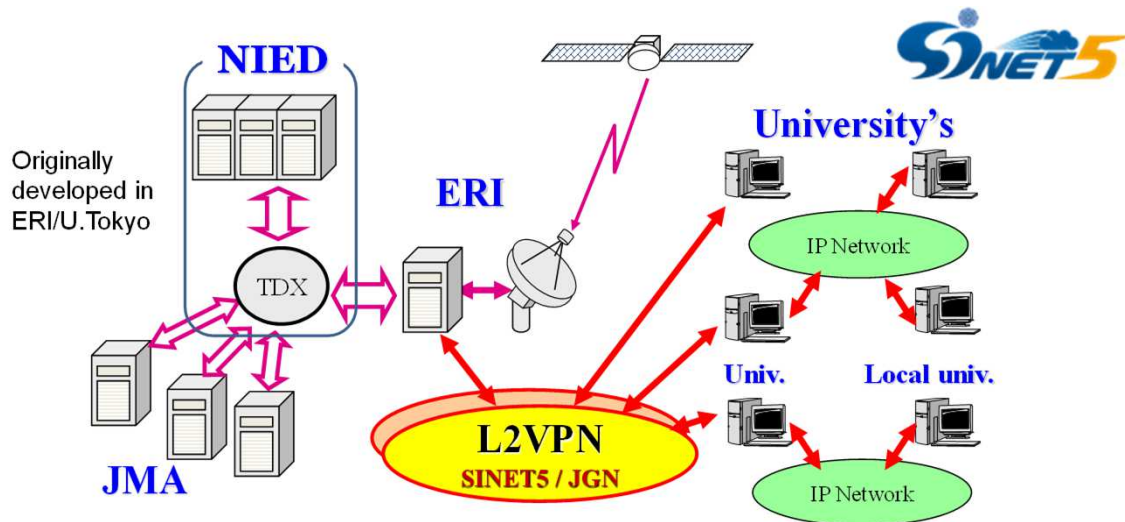


- ・ シミュレーションとデータ同化の融合
 - 典型的・伝統的な(S+D+L)融合
- ・ 気候・気象のための大気海洋連成シミュレーション
 - 東大大気海洋研, 理研, 国立環境研他
- ・ **リアルタイム同化+三次元強震動シミュレーション**
 - **東大地震研**
- ・ リアルタイム災害シミュレーション
 - 洪水, 津波
- ・ 既存シミュレーションコードの(S+D+L)融合による高度化
 - OpenFOAM



全国地震観測データ流通ネットワーク「JDXnet」

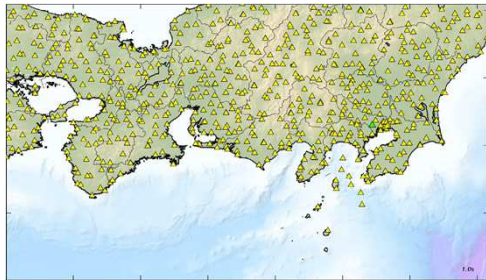
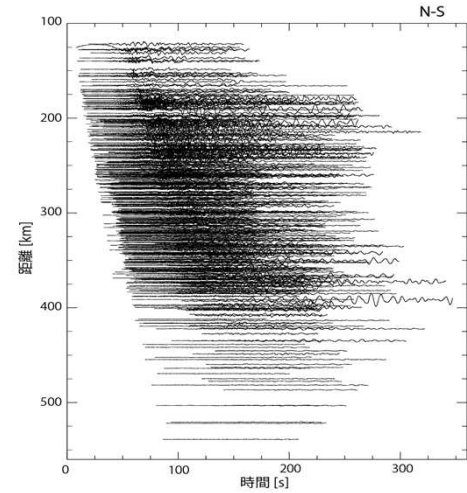
- 国内地震観測点の観測データ(約2,000点, 100Hz, 3方向)をSINET経由でリアルタイムに取得可能
 - 気象庁, 東大地震研, 防災科技研, 各大学
 - 1日のデータ量: 100GB級



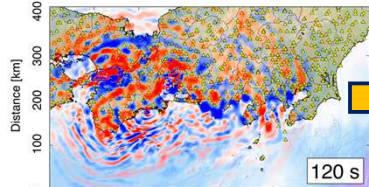
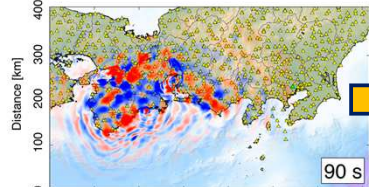
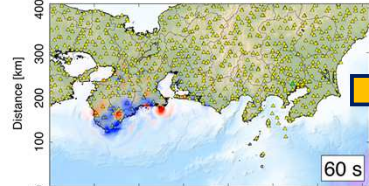
[資料提供: 鶴岡弘准教授(東大・地震研)]

Example of Real-Time Assimilation of (Obs.+Comp.): 2004 Kii Peninsula Earthquake (Mw 7.4) [c/o Oba & Furumura]

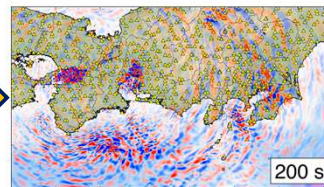
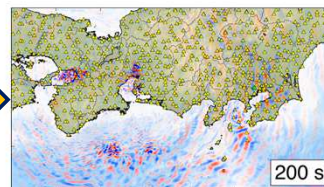
○ Observation (K-NET, KiK-net 446 pts)



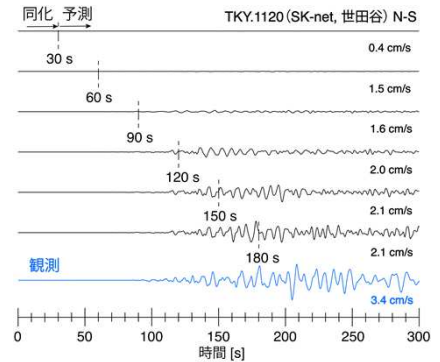
(a) Sim. + Assim.



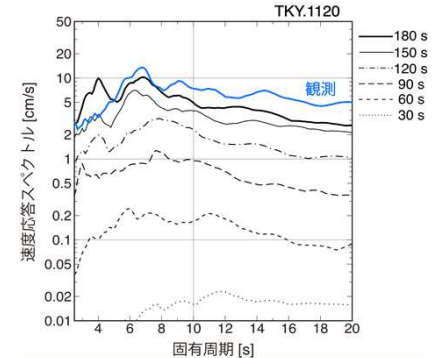
(b) Pure Simulation

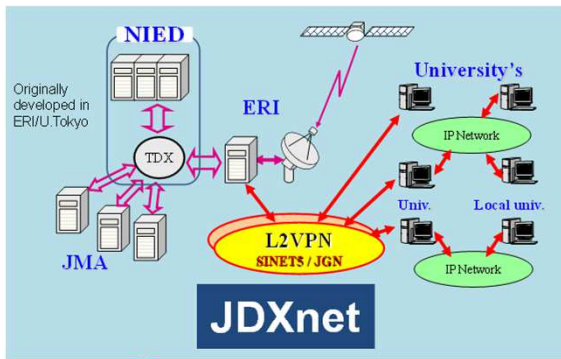


Long Wave Propagation in Tokyo

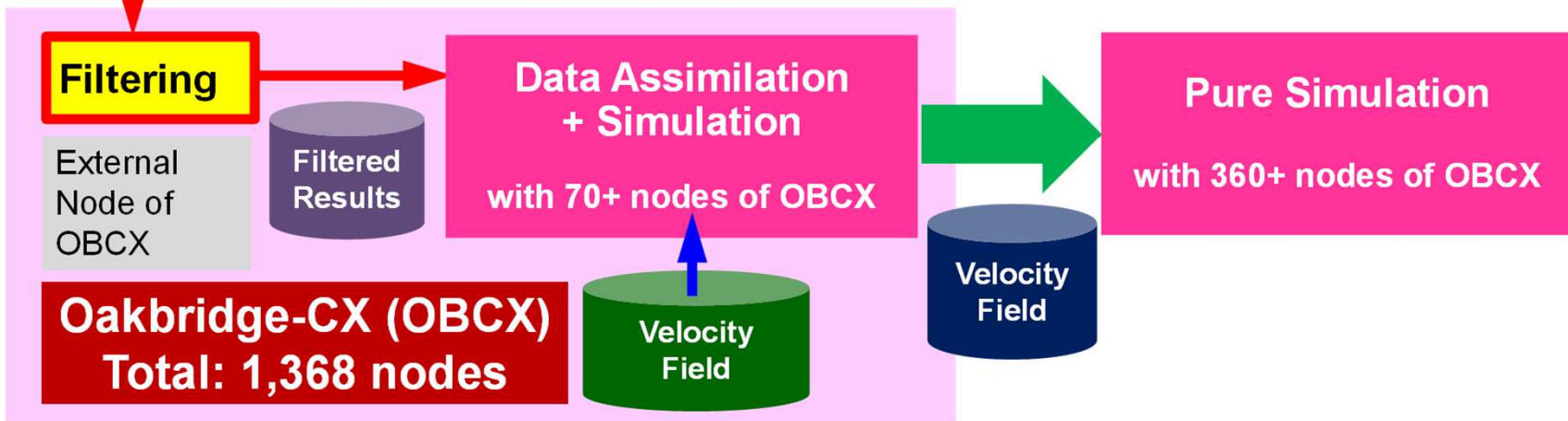


Response Spectrum





三次元地震シミュレーション＋
リアルタイムデータ同化/観測
JDXnetの観測データを利用したリアルタイム
データ同化/観測
2019・2020年度はOBCXの外部接続ノード
を使って, JDXnetの観測データ取得

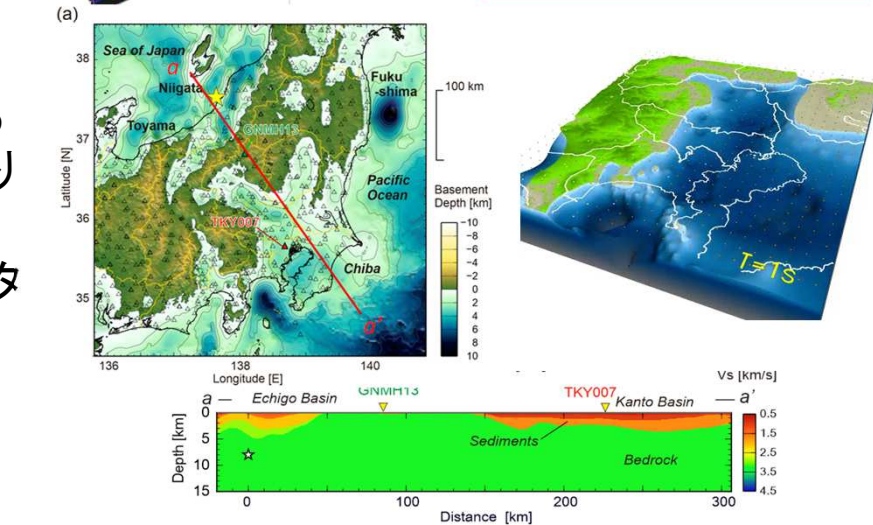
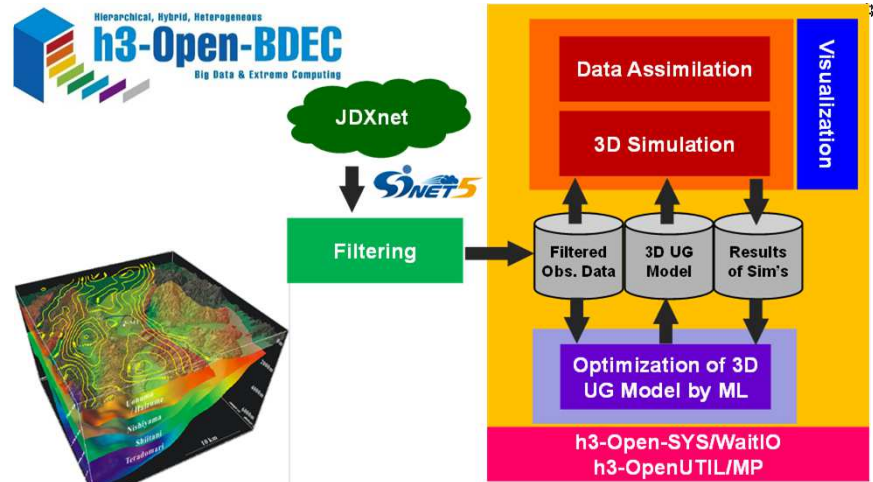


リアルタイムデータ同化＋ 3D強震動Sim. 融合(1/2)

- 大地震時: 正確な地震波動伝播予測
 - 地震波観測データを同化して得られる変位分布を初期条件として入力
 - 60秒先の予測を10秒以内に計算
 - 的確な避難計画の策定

通常時: 地下構造モデル改良

- 地下構造は複雑, 不均質, 実はよくわかっておらず, 大小の地震時の逆解析等によりモデルを少しずつ改良する, のが現状
- 観測データ・三次元シミュレーション・データ解析を元に地下構造モデルの改良に使う
 - ✓ 例えばMw=3.0+の地震が起きた場合
 - ✓ 機械学習により精度高いモデル生成
- ⇒ (S+D+L) 融合へ



リアルタイムデータ同化＋3D強震動Sim 融合(2/2)

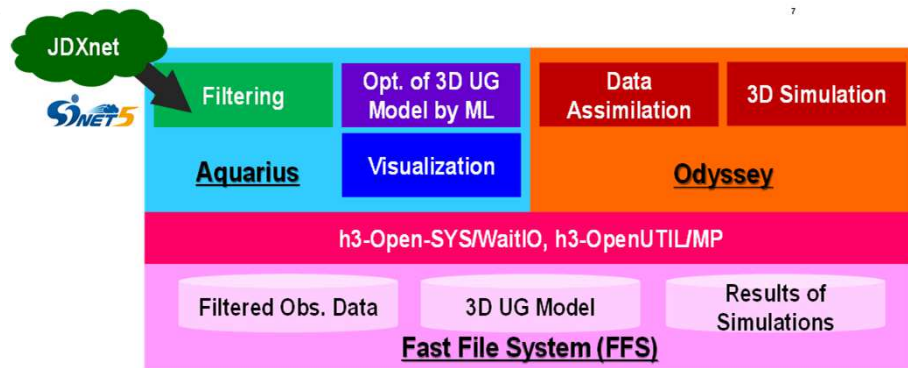
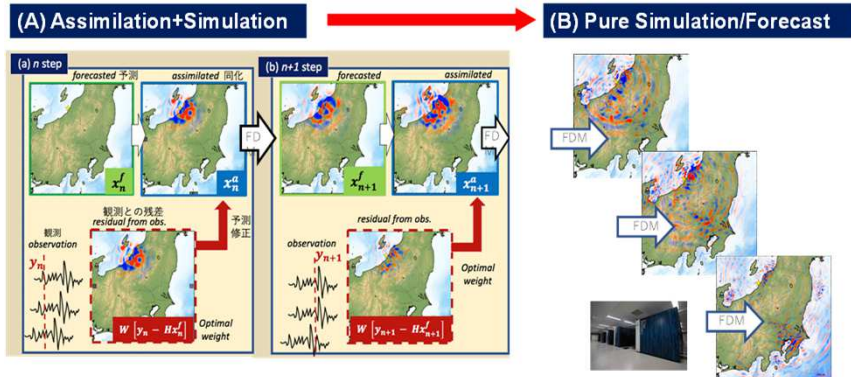


**Wisteria
BDEC-01**

- Wisteria/BDEC-01の利用
- データ同化＋シミュレーション
 - Optimal Interpolation Technique: 高速
- 三次元地下構造モデル高度化
 - リアルタイム性はそれほど重要ではない
 - より高度なデータ同化手法(e.g.四次元変分法)を適用

- Odyssey
 - データ同化, シミュレーション

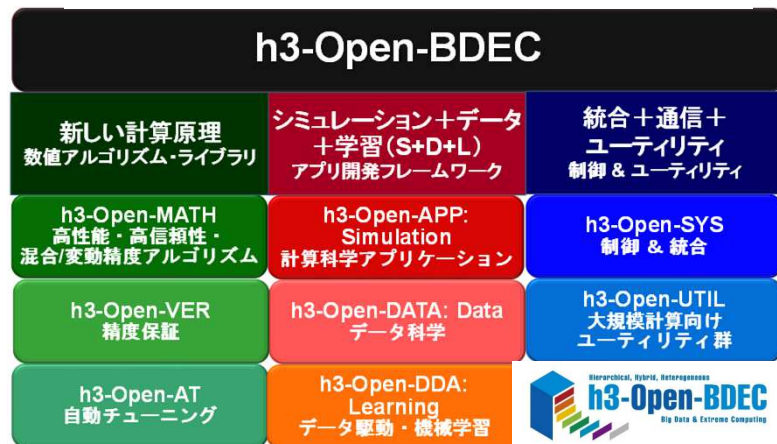
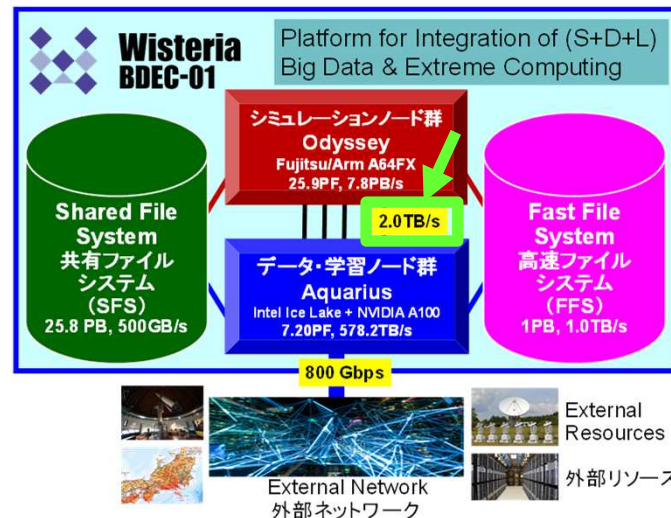
- Aquarius
 - フィルタリング, 機械学習, 可視化



AI for HPC の実現



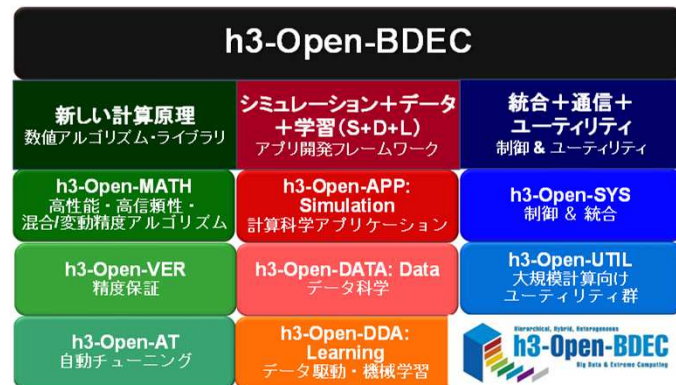
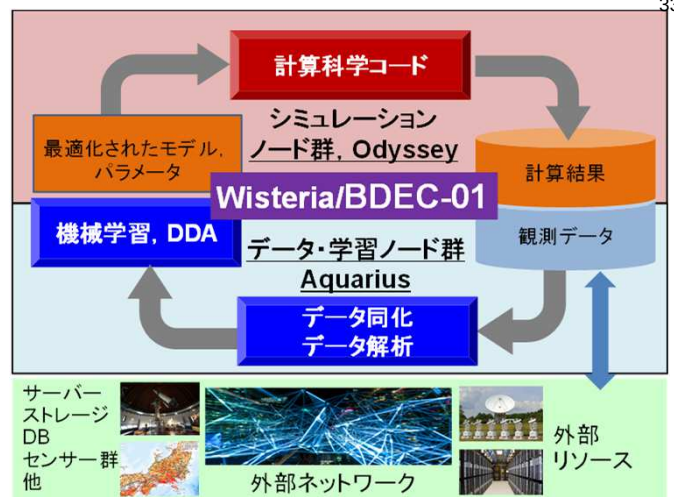
- Odyssey-Aquarius連携
 - MPIによる通信は不可
 - O-Aを跨いでMPIプログラムは動かない
 - Odyssey-Aquarius間にはInfiniband-EDR (2TB/sec)で結合されている
- ソフトウェア開発
 - O-A間通信:h3-Open-SYS/WaitIO
 - IB-EDR経由
 - 高速ファイルシステム(FFS)経由連携
 - 高機能カプラー:h3-Open-UTIL/MP



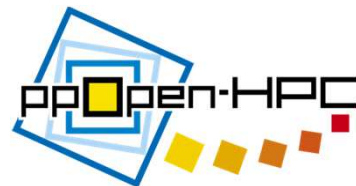
h3-Open-SYS/WaitIO

データ受け渡しライブラリ[松葉, 2020]

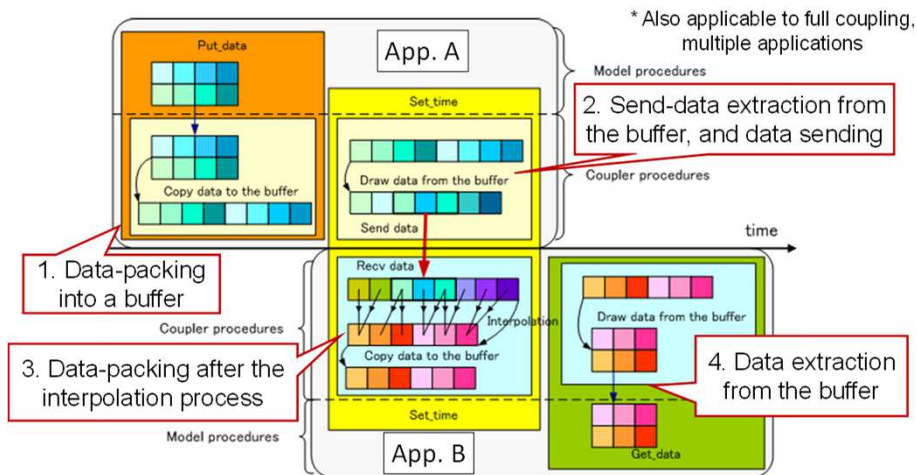
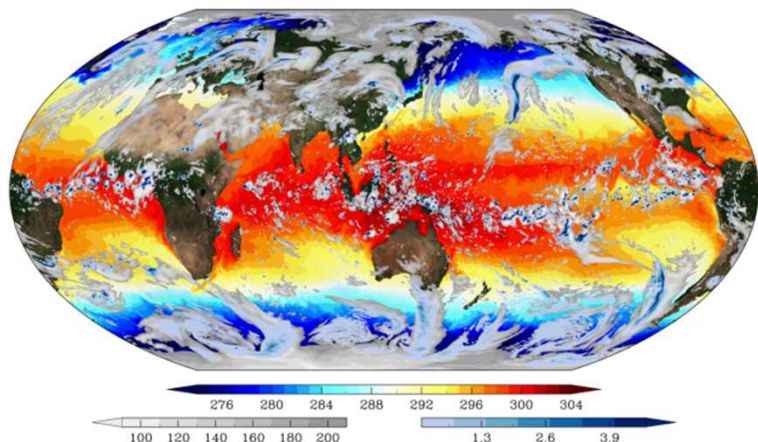
- ヘテロジニアス環境下での異なるコンポーネント間ファイル経由連携ライブラリとして考案
- 機能
 - ✓ Odyssey～Aquarius間連携
 - IB-EDR経由通信
 - ファイル経由
 - ✓ 外部からのデータ取得(観測データ等)
 - ✓ 読み込み・書き出しの同期
- API: C/C++, Fortranから呼び出し可能
 - ✓ MPIライクなインタフェースを提供
- 多機能カプラー(h3-Open-UTIL/MP)との連携



連成シミュレーションのためのカプラー 〔荒川，八代〕



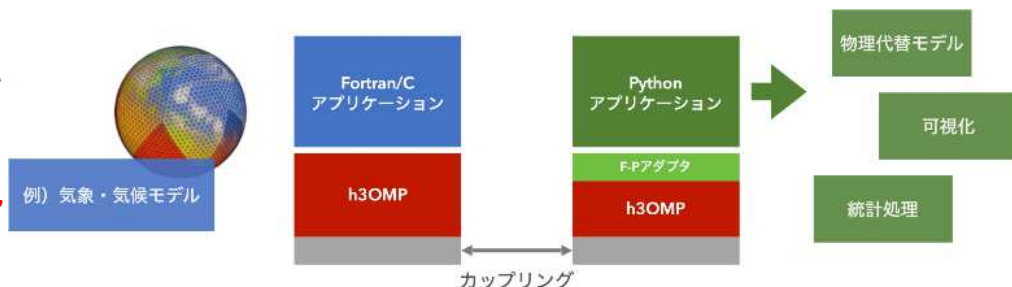
- 従来のカプラー(Coupler) : ppOpen-MATH/MP
 - 複数(通常2つ:大気(NICAM)+海洋(COCO))のアプリケーションの弱連成(Weak Coupling)をサポート
 - 各アプリケーションは1種類の計算をやる



「計算＋データ＋学習」融合を支援する 多機能カプラーh3-Open-UTIL/MP



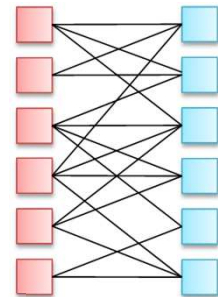
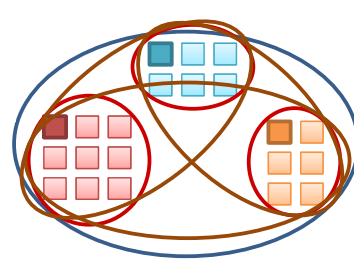
- 異なる物理モデル連成のアンサンブル実行を支援・統合するための機能
 - MPI通信、時刻同期、格子系間マッピング等の管理機能の他、従来のカプラーには無い、複数の弱連成結合シミュレーションのアンサンブル実行、片側のモデルのみをアンサンブル実行する多対1の弱連成結合が可能
 - スパコン上で、全地球大気海洋連成シミュレーションによって動作検証済み
- Fortran/Cコード（物理モデル）とPythonコードの弱連成を実現する機能
 - FortranやCで記述されたプログラム同士の連成計算に限って開発を行ってきたカプラーを、Pythonによって記述されたAI・機械学習、可視化処理系のワークロードから活用できるよう機能拡充。



Fortran/CアプリとPythonアプリの連成計算の模式図
〔八代・荒川 2020〕

- O-A利用: WaitIOとの連携

h3-Open-UTIL/MP・ h3-Open-SYS/WaitIO連携

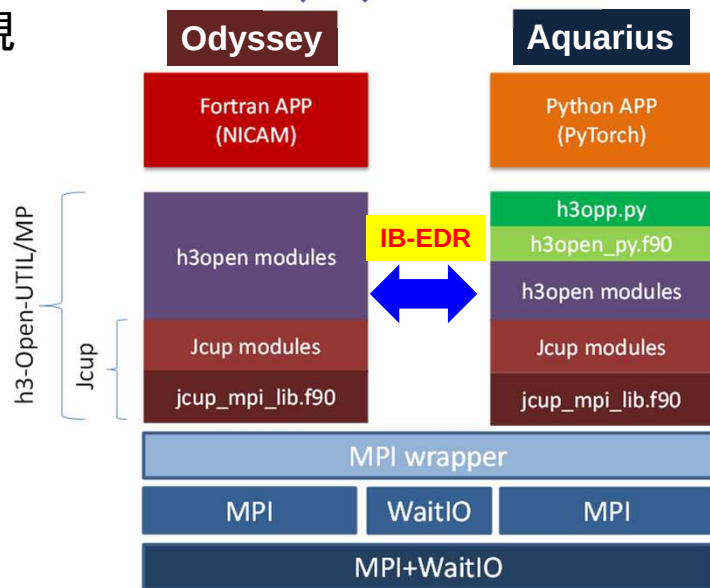
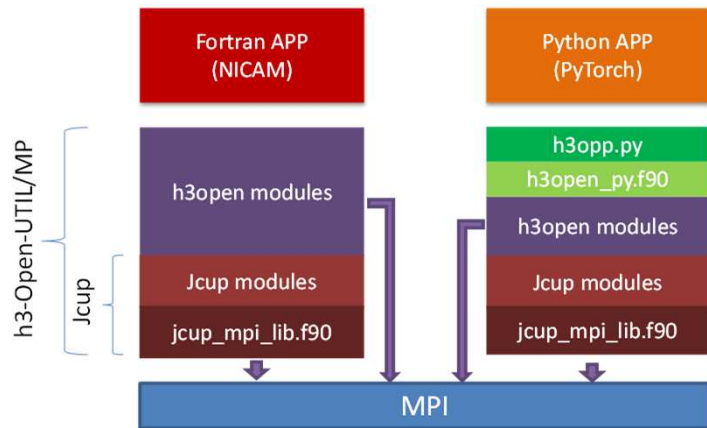


• h3-Open-UTIL/MP

- (現状)MPIによるコンポーネント間通信: 1対1, 集団通信
- Odyssey-Aquarius間はMPIによる通信は不可⇒
h3-Open-SYS/WaitIOによりO-A間通信実現



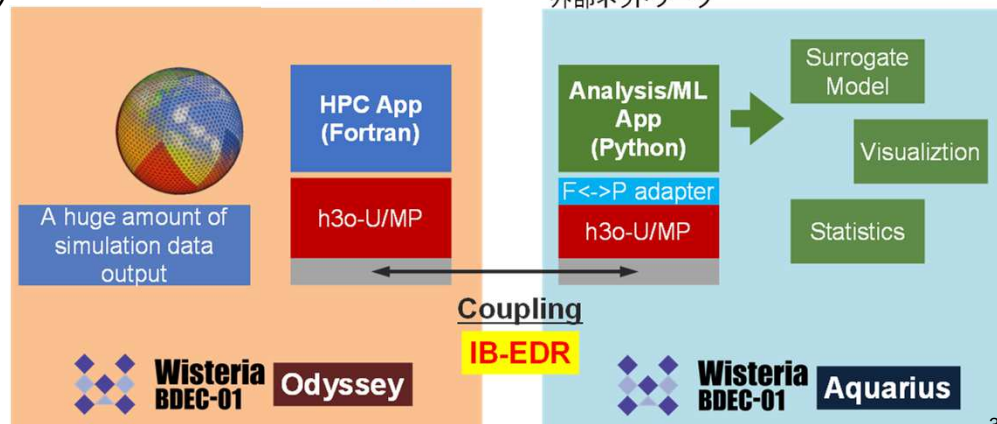
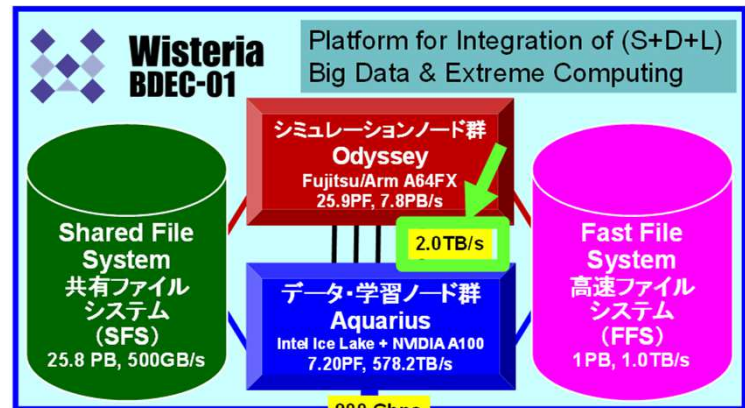
**Wisteria
BDEC-01**



現状: MPI通信可能な環境を前提

整備・公開のスケジュール

- h3-Open-SYS/WaitIO
 - 2021年10月 (Odyssey+Aquarius, 直接通信)
 - 2022年度 (O+A, FFS経由)
- h3-Open-UTIL/MP (HPC+Python)
 - 2021年10月 (Oのみ)
- h3-Open-UTIL/MP+h3-Open-SYS/WaitIO
 - 2022年1月～4月 (O+A, 直接通信)
 - 2022年度 (O+A, FFS経由)
- 協力者求む！
 - ユーザーアカウント+トークン付与
 - AI for HPCへの応募も可



**Wisteria
BDEC-01**



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



**Wisteria
BDEC-01**

Odyssey

IB-EDR



**Wisteria
BDEC-01**

Aquarius

まとめ



**Wisteria
BDEC-01**



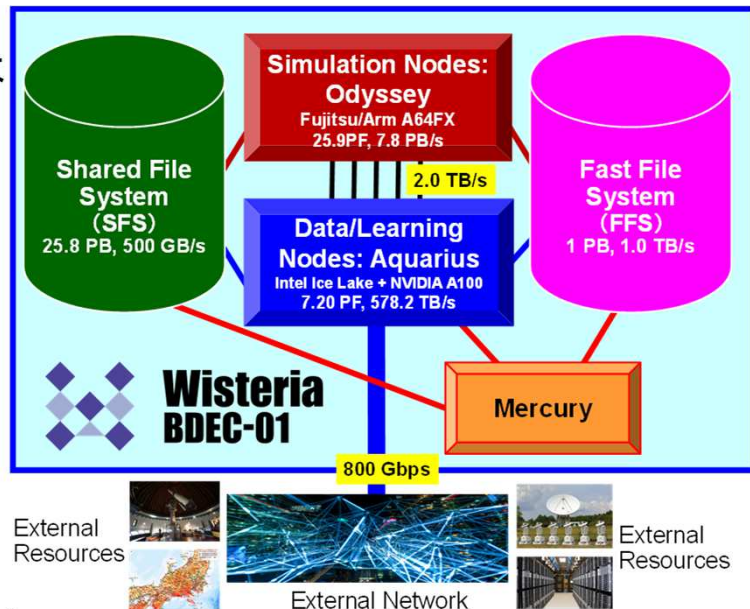
- 「計算・データ・学習」融合
 - スーパーコンピュータシステム「Wisteria/BDEC-01」
 - 革新的ソフトウェア基盤「h3-Open-BDEC」
- 当面はAquarius-Odysseyは別運用
 - 2021年10月にはAquarius-Odyssey間通信ライブラリ(h3-Open-SYS/WaitIO)を公開
 - 協力していただける方募集中
- やや後悔している点
 - データ・学習ノードにCPU-Onlyのノード群を設けるべきであった
 - 小規模ノードを増設予定(年内)
 - Wisteria-Mercury(次ページ)
- TOP500, HPCG, Graph500, HPL-AI等についてはSWoPPで！

Wisteria-Mercury

翼の生えた使い(Winged Messenger)



- Wisteria/BDEC-01 (Aquarius)
 - CPUのみ使用⇒GPU8枚分負担金: 割高
 - グラフ演算, 整数演算, 推論等Odysseyを使うよりも高速な場合ある
- Mercury: 汎用CPU, 100+ノード
 - Aquariusのサポート, 連携
 - Aquarius~Mercuryの単独MPIジョブが走ると猶良い
 - HPC向けにも使用
 - SFS, FFSへのアクセス
- 2023年4月運用開始に向けて導入
 - 様々なアーキテクチャ: Intel, AMD, Arm
 - 部分的にDPU, 特殊用途加速装置等導入も検討

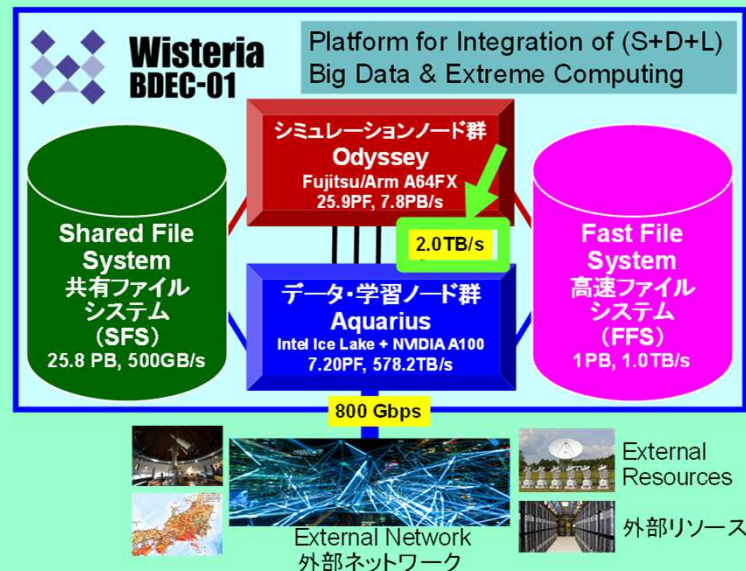


今後へ向けた課題(1/2)

- アプリケーションの多様化(計算・データ・学習)
 - 利用方法の多様化
 - それに対応した環境整備(ハードウェア, ソフトウェア(オープンソース含む))
- アーキテクチャ多様化
 - 演算加速装置不可避
 - プログラミング環境多様化
 - それなりの準備期間・体制が必要(2,600人以上のユーザー)
 - 一方で汎用CPUのみのシステムは必要
- センターとしての継続的な研究開発が必要: 特にJHPCNセンター群
 - 利用者サポートの重要性は更に増加
 - センター間協力の重要性: ppOpen-HPC⇒h3-Open-BDEC
 - 様々なツール, 教育体制等の共有, 研究開発連携(T2K⇒裏T2K⇒北大・東大・名古屋大+筑波大)
 - T2K e-Scienceみたいなプロジェクトが必要
 - PCCC-OSS部会の活動

今後へ向けた課題(2/2)

- 増大するデータ量
 - 共通データストレージシステム(次講演)
- Urgent Computing [2021 HPC178]
- Witeria/BDEC-01のようなMH(マジでヘテロジニアスな)システムは今後も続く?
 - 連携のためのソフトウェア(今回で言えばh3-Open-BDEC)にかかっている
 - 他システムでもある程度使えるハズ
- ただ, MHなシステムは「計算(S)・データ(D)・学習(L)」どこに力点を置くかが難しく, やりようによってはひどく中途半端になる可能性あり
 - Wisteria/BDEC-01は圧倒的に「計算(S)」重視
 - 複数の特徴あるシステムを, ゆるくかつ効率的に, Cloud的に(またはGrid的に)つなぐのが効果的かも知れない
- システム調達⇒共同研究開発的フェーズがないと段々難しくなる



The article on the Wisteria/BDEC-01 appears in *HPCwire*

<https://www.hpcwire.com/2021/02/25/japan-to-debut-integrated-fujitsu-hpc-ai-supercomputer-this-spring/>

The screenshot shows a web browser displaying the HPCwire website. The article title is "Japan to Debut Integrated Fujitsu HPC/AI Supercomputer This Spring" by Tiffany Trader, dated February 25, 2021. The article text states: "The integrated Fujitsu HPC/AI Supercomputer, Wisteria, is coming to Japan this spring. The University of Tokyo is preparing to deploy a heterogeneous computing system, called 'Wisteria/BDEC-01,' that will tackle simulation and big data 'learning' workloads, in support of Japan's Society 5.0 project, which seeks to achieve economic and social gains through the integration of cyber and physical space. The system comprises two configurations: Aquarius and Odyssey." The article is accompanied by a large image of a wisteria tree in bloom. To the right of the article is a Dell Technologies advertisement titled "Free HPC from the bounds of physical infrastructure." Below the article is a section titled "Leading Solution Providers" featuring logos for Adaptive, AMD, Ansys, Apex Systems, AEMPO, Atos, AWS, Algate Computing, CRAY, ddn, Dell Technologies, and Fujitsu. The browser's address bar shows the URL: <https://www.hpcwire.com/2021/02/25/japan-to-debut-integrated-fujitsu-hpc-ai-supercomputer-this-spring/>. The browser's taskbar on the right shows various application icons and the system clock indicating 10:30 on Sunday, 2021/03/19.

出席済み出席者 - Zoom

Japan to Debut Integrated Fujitsu HPC/AI Supercomputer This Spring

By Tiffany Trader

February 25, 2021

The integrated Fujitsu HPC/AI Supercomputer, Wisteria, is coming to Japan this spring. The University of Tokyo is preparing to deploy a heterogeneous computing system, called "Wisteria/BDEC-01," that will tackle simulation and big data "learning" workloads, in support of Japan's Society 5.0 project, which seeks to achieve economic and social gains through the integration of cyber and physical space.

The system comprises two configurations: **Aquarius** and **Odyssey**.

Dell Technologies

Free HPC from the bounds of physical infrastructure.

Accelerate the delivery of a secure, elastic, virtual HPC environment.

Free HPC and fuel innovation >

intel.

Leading Solution Providers

Adaptive, AMD, Ansys, Apex Systems, AEMPO, Atos, AWS, Algate Computing, CRAY, ddn, Dell Technologies, Fujitsu.

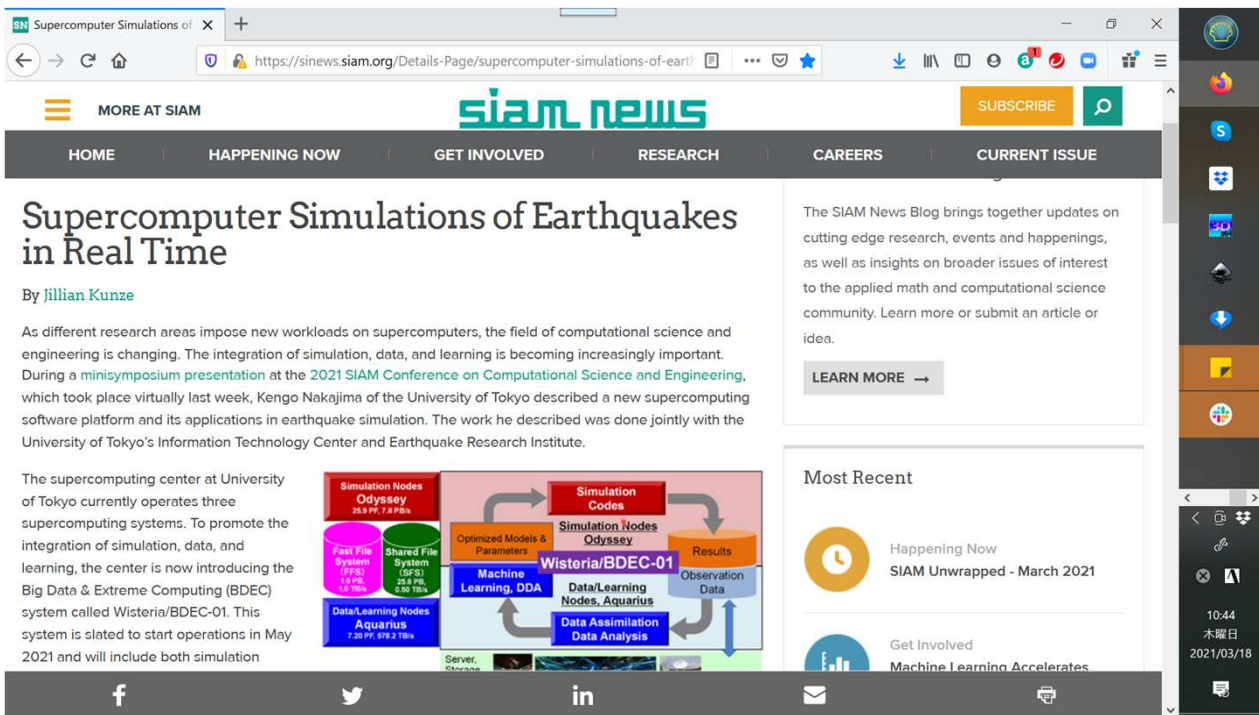
This website uses cookies to improve your experience. We'll assume you're ok with this, but you can opt-out if you wish. **Accept** **Reject** [Read More](#)

**Wisteria
BDEC-01**

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

The article on my presentation@CSE21 appears in *SIAM News*

<https://sinews.siam.org/Details-Page/supercomputer-simulations-of-earthquakes-in-real-time>



The screenshot shows a web browser displaying the SIAM News website. The article title is "Supercomputer Simulations of Earthquakes in Real Time" by Jillian Kunze. The article text discusses the integration of simulation, data, and learning in computational science and engineering, mentioning a minisymposium presentation at the 2021 SIAM Conference on Computational Science and Engineering. A diagram illustrates the supercomputing center at Tokyo, showing the flow of data and simulation between various nodes and systems. The diagram includes boxes for "Simulation Nodes Odyssey", "Fast File System (FFS)", "Shared File System (SFS)", "Data/Learning Nodes Aquarius", "Optimized Models & Parameters", "Machine Learning, DDA", "Simulation Codes", "Simulation Nodes Odyssey", "Results", "Observation Data", "Data/Learning Nodes, Aquarius", and "Data Assimilation Data Analysis". The diagram also shows a "Server, Storage" box at the bottom. The website header includes "MORE AT SIAM", "SUBSCRIBE", and navigation links for HOME, HAPPENING NOW, GET INVOLVED, RESEARCH, CAREERS, and CURRENT ISSUE. The footer includes social media icons for Facebook, Twitter, LinkedIn, and Email.

Supercomputer Simulations of Earthquakes in Real Time

By Jillian Kunze

As different research areas impose new workloads on supercomputers, the field of computational science and engineering is changing. The integration of simulation, data, and learning is becoming increasingly important. During a minisymposium presentation at the 2021 SIAM Conference on Computational Science and Engineering, which took place virtually last week, Kengo Nakajima of the University of Tokyo described a new supercomputing software platform and its applications in earthquake simulation. The work he described was done jointly with the University of Tokyo's Information Technology Center and Earthquake Research Institute.

The supercomputing center at University of Tokyo currently operates three supercomputing systems. To promote the integration of simulation, data, and learning, the center is now introducing the Big Data & Extreme Computing (BDEC) system called Wisteria/BDEC-01. This system is slated to start operations in May 2021 and will include both simulation

Simulation Nodes Odyssey
25.9 PF, 7.8 PB/s

Fast File System (FFS)
1.8 PB/s
1.8 TB/s

Shared File System (SFS)
25.9 PB/s
2.90 TB/s

Data/Learning Nodes Aquarius
7.20 PF, 519.2 TB/s

Optimized Models & Parameters

Machine Learning, DDA

Simulation Codes

Simulation Nodes Odyssey

Results

Observation Data

Data/Learning Nodes, Aquarius

Data Assimilation Data Analysis

Server, Storage

Most Recent

Happening Now
SIAM Unwrapped - March 2021

Get Involved
Machine Learning Accelerates

**HPC
Asia
2022**

In cooperation with  In-Cooperation   Information Processing
Society of Japan

"Stepping forward to the Post Moore Era together"

The International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region (HPC Asia 2022) Jan 12-14, 2022 | Kobe, Japan & Online



Abstract (paper) deadline: Aug 6 (13), 2021

Workshop proposal deadline: Jun 30, 2021

Search "HPCAsia2022" or <http://sighpc.ipsj.or.jp/HPCAsia2022/> >>>



Photo of Supercomputer Fugaku (top) Copyright © RIKEN, Photos of Kobe (below) Copyright © KOBE TOURISM BUREAU

更に詳細な情報

- A64FX(富士通)
 - <https://www.fujitsu.com/jp/products/computing/servers/supercomputer/a64fx/>
 - https://old.hotchips.org/hc30/2conf/2.13_Fujitsu_HC30.Fujitsu.Yoshida.rev1.2.pdf
- FUJITSU PRIMEHPC FX1000
 - <https://www.fujitsu.com/jp/products/computing/servers/supercomputer/>
- 3rd Gen Intel Xeon Scalable
 - <https://www.intel.com/content/www/us/en/newsroom/news/3rd-gen-intel-xeon-scalable-video.html#gs.zb3u0m>
 - <https://www.intel.com/content/www/us/en/newsroom/news/3rd-gen-xeon-scalable-processors.html#gs.zb4d00>
 - https://www.hotchips.org/assets/program/conference/day1/HotChips2020_Server_Processors_Intel_Irm_a_ICX-CPU-final3.pdf
- NVIDIA A100 TENSORコア GPU
 - <https://www.nvidia.com/ja-jp/data-center/a100/>
 - https://www.hotchips.org/assets/program/conference/day1/HotChips2020_GPU_NVIDIA_Choquette_v01.pdf

参考リンク(ビデオ)

- Wisteria/BDEC-01利用説明会
 - <https://www.youtube.com/watch?v=1bbZVO6-UQg>
- h3-Open-BDEC:プロジェクトHP(工事中)
 - <http://nkl.cc.u-tokyo.ac.jp/h3-Open-BDEC/>
- Wisteria/BDEC-01 & h3-Open-BDEC紹介講演(日本語)
 - https://www.youtube.com/watch?v=CsJ_9aGNXCg
 - <https://www.pccluster.org/ja/event/pccc20/exhibition/itc-u-tokyo.html>
- Wisteria/BDEC-01 & h3-Open-BDEC紹介講演(英語)
 - <https://www.youtube.com/watch?v=jX51NF2LniE>



**Wisteria
BDEC-01**

