

東京大学情報基盤センターの 現状と今後の計画

中島 研吾
東京大学情報基盤センター・JCAHPC



Wisteria
BDEC-01

第11回 JCAHPCセミナー(OFPP運用終了記念シンポジウム)
「ありがとうOFPP:京から富岳への狭間で咲いた大輪の花」
2022年5月27日(ハイブリッド:柏&オンライン)

東京大学情報基盤センター



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



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

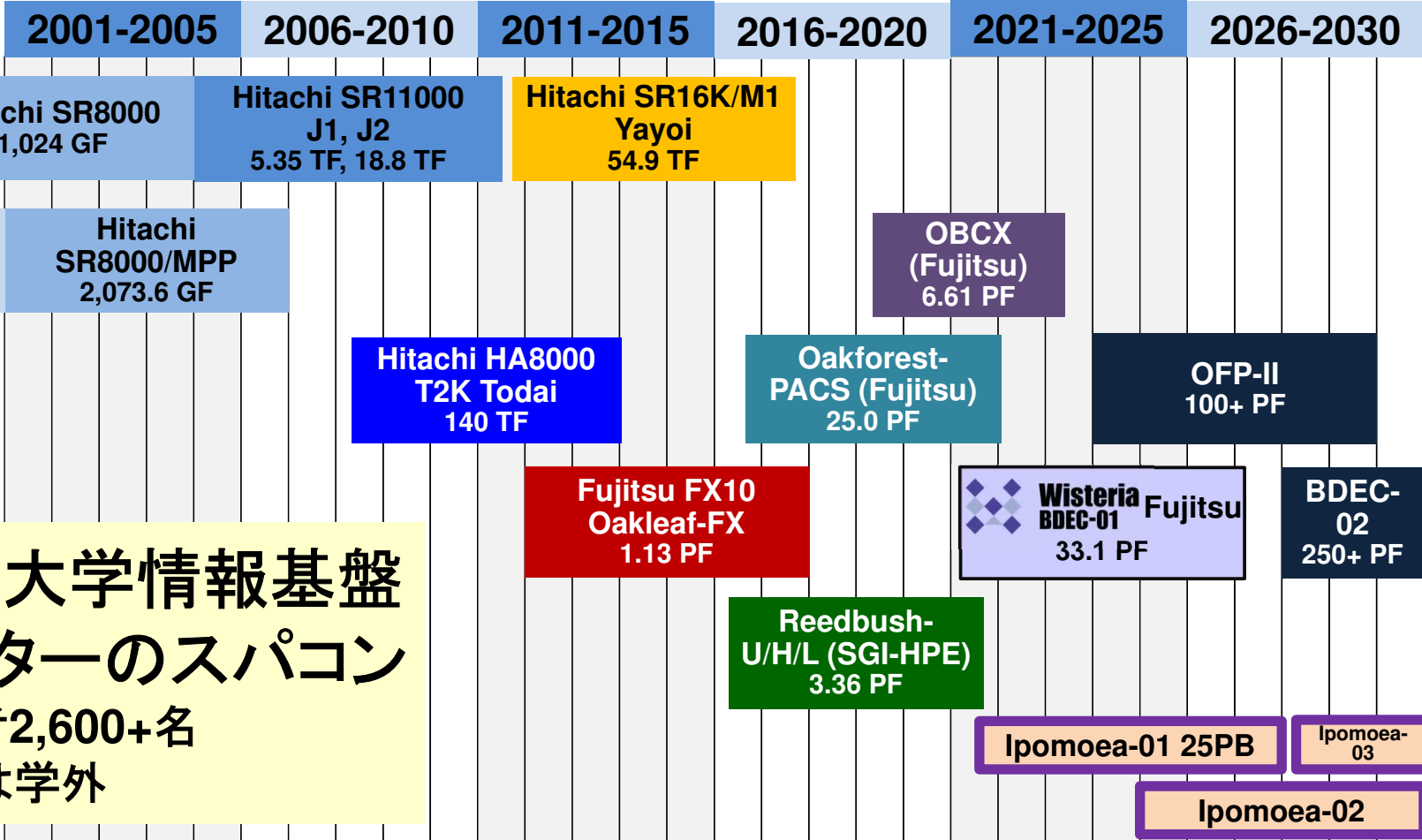
- 東京大学大型計算機センター(1965年)
- 東京大学情報基盤センター(1999年～)
 - 全国共同利用施設
 - 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 中核拠点(2010年～)
 - 革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ(HPCI) 構成機関(2010年～)
 - 最先端共同HPC基盤施設(JCAHPC)(2013年～)
 - 筑波大学計算科学研究センター・東大情報基盤センター:OFP



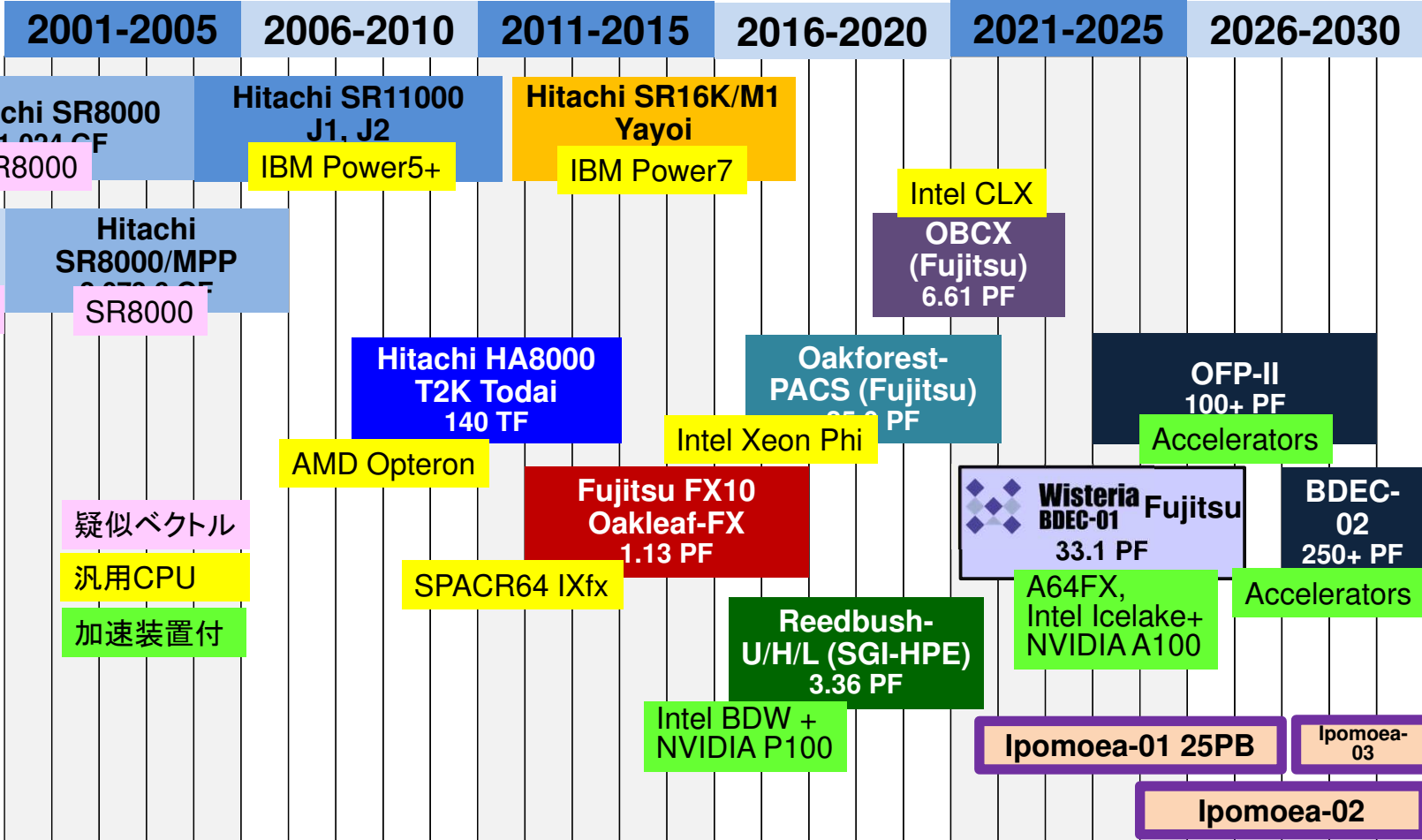
• 2022年5月現在

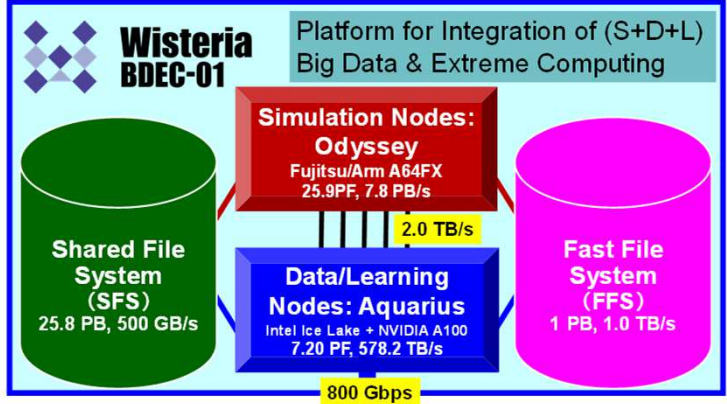
– 2式のシステムを運用

- Oakforest-PACS(OFP):2022年3月末に運用終了
- **Oakbridge-CX(OBCX)**
- **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**
- **データ活用社会創成プラットフォーム(mdx):2021年3月設置**



**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 (HPE, Intel BDW + NVIDIA P100 (Pascal))

- データ解析・シミュレーション融合スーパーコンピュータ
- 2016年7月～2021年11月末
- 東大ITC初のGPUクラスター, ピーク性能3.36 PF

Oakforest-PACS (OFP) (Fujitsu, Intel Xeon Phi (KNL))

- JCAHPC (筑波大CCS・東大ITC), 2016年10月～2022年3月末
- 25 PF, #39 in 58th TOP 500 (November 2021)

Oakbridge-CX (OBCX) (Fujitsu, Intel Xeon CLX)

- 2019年7月～2023年6月末 (予定)
- 6.61 PF, #110 in 58th TOP500-June 2023 (Plan)



Wisteria/BDEC-01 (Fujitsu)

- シミュレーションノード群 (Odyssey) : A64FX (#17)
- データ・学習ノード群 (Aquarius) : Intel Icelake+NVIDIA A100 (#106)
- 33.1 PF, #17 in 58th TOP 500, 2021年5月14日運用開始
- 「計算・データ・学習 (S+D+L)」融合のためのプラットフォーム
- 革新的ソフトウェア基盤「h3-Open-BDEC」
(科研費基盤 (S) 2019年度～2023年度)



Simulation Nodes (Odyssey)

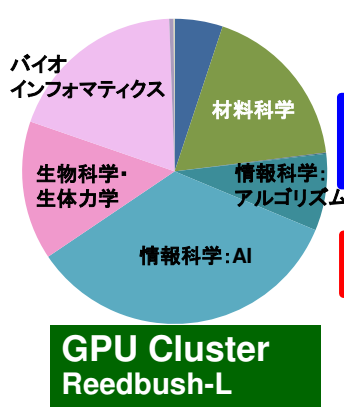
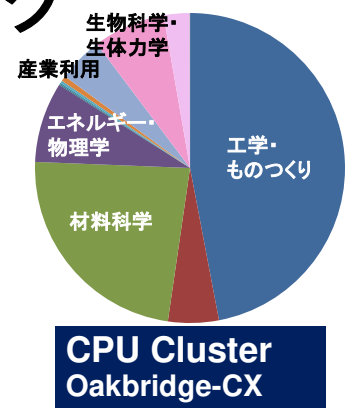


Data/Learning Nodes (Aquarius)



スーパーコンピューティングの今後

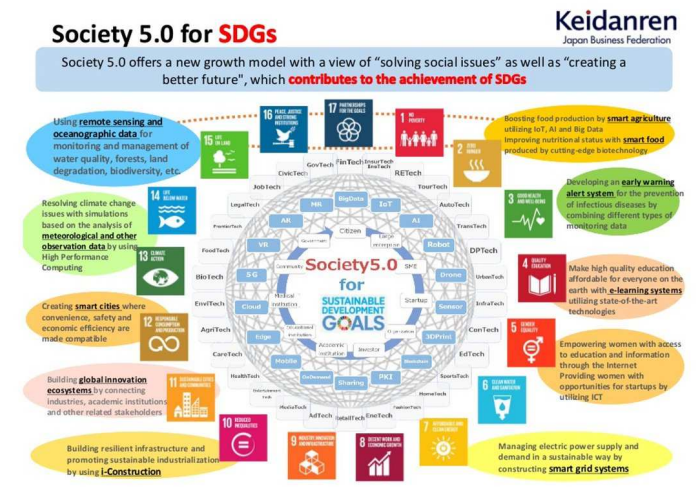
- ワークロードの多様化
 - 計算科学, 計算工学: Simulations
 - 大規模データ解析
 - AI, 機械学習



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

- (シミュレーション(計算) + データ + 学習) 融合 ⇒ Society 5.0 実現に有効, 2015年頃から取り組み

- 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



(シミュレーション(計算)+データ+学習)融合(S+D+L)

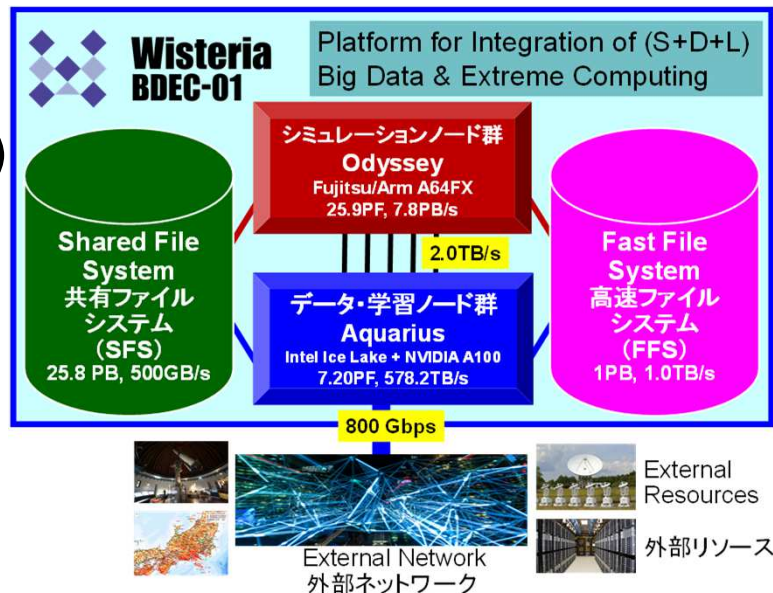
- 東大情報基盤センターでは、2015年頃から「(S+D+L)融合」の重要性に注目し、それを実現するためのハードウェア、ソフトウェア、アプリケーション、アルゴリズムに関する研究開発を開始
 - BDEC計画(Big Data & Extreme Computing)
 - 「データ+学習」による、より高度な「シミュレーション」
 - AI for HPC
 - 地球科学関連では自然な発想(すでに実施されている)
- 2021年5月に運用を開始した「Wisteria/BDEC-01」は「BDEC計画」の1号機
 - Reedbush, Oakbridge-CXは「BDEC」のプロトタイプと位置づけられる
 - 「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



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**

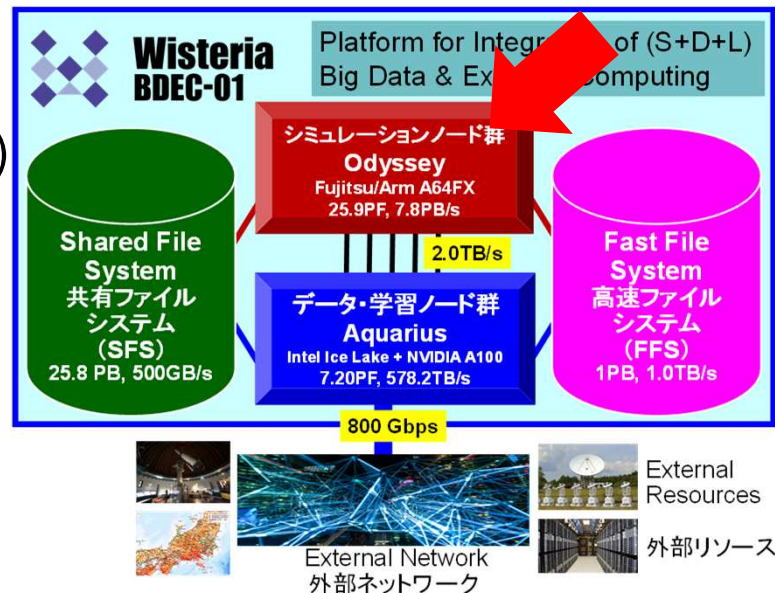
Wisteria/BDEC-01

- 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**

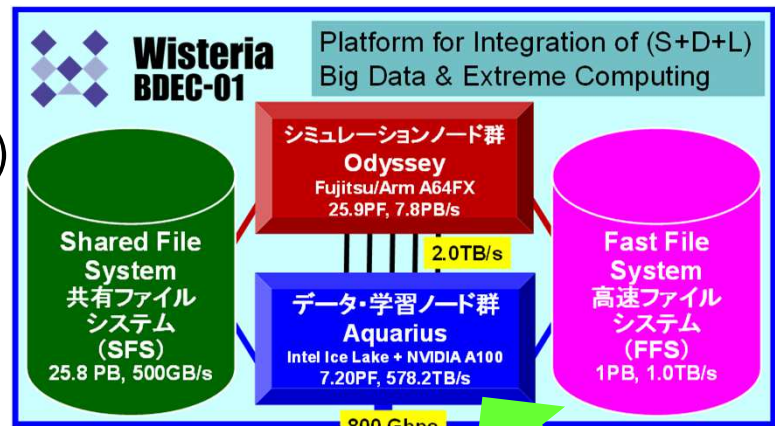
Wisteria/BDEC-01

- 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

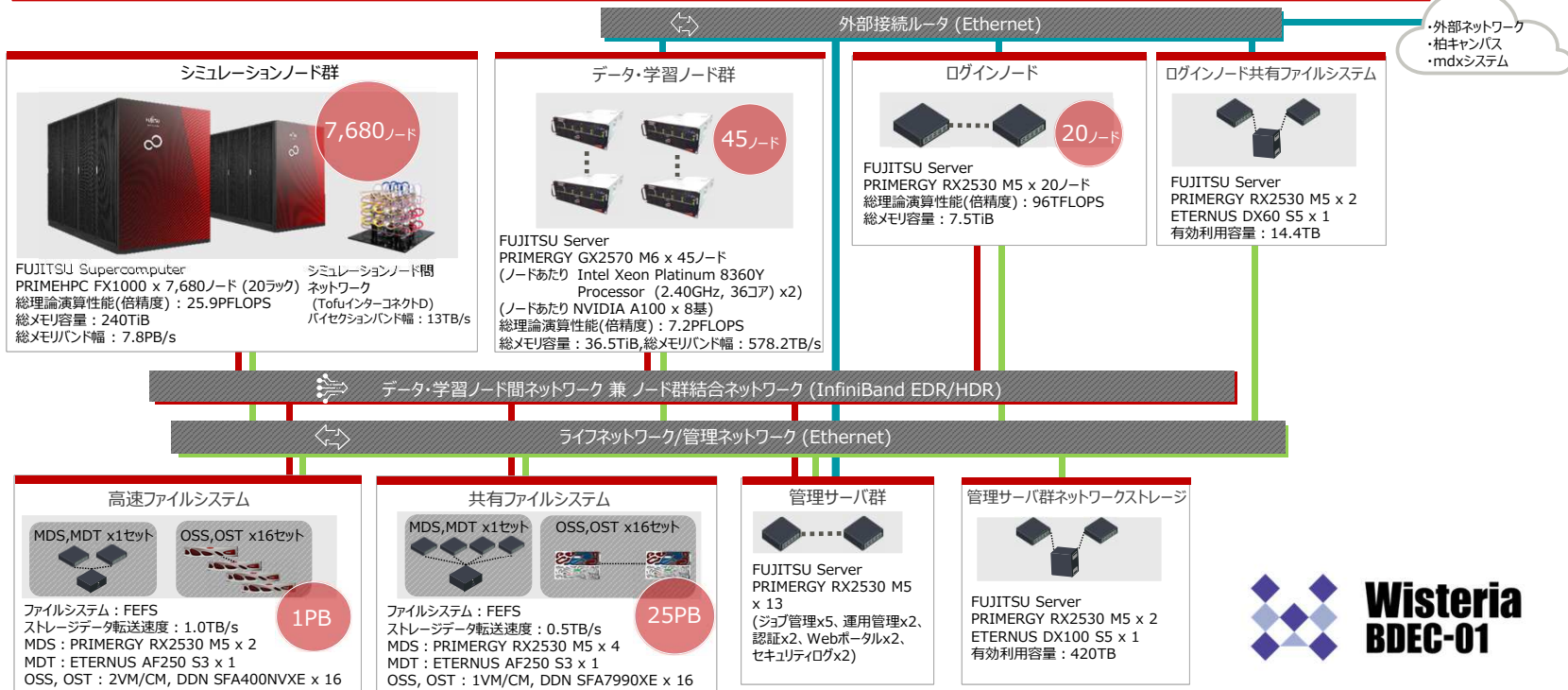
BDEC:「計算・データ・学習(S+D+L)」
融合のためのプラットフォーム
(Big Data & Extreme Computing)



Wisteria
BDEC-01

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)

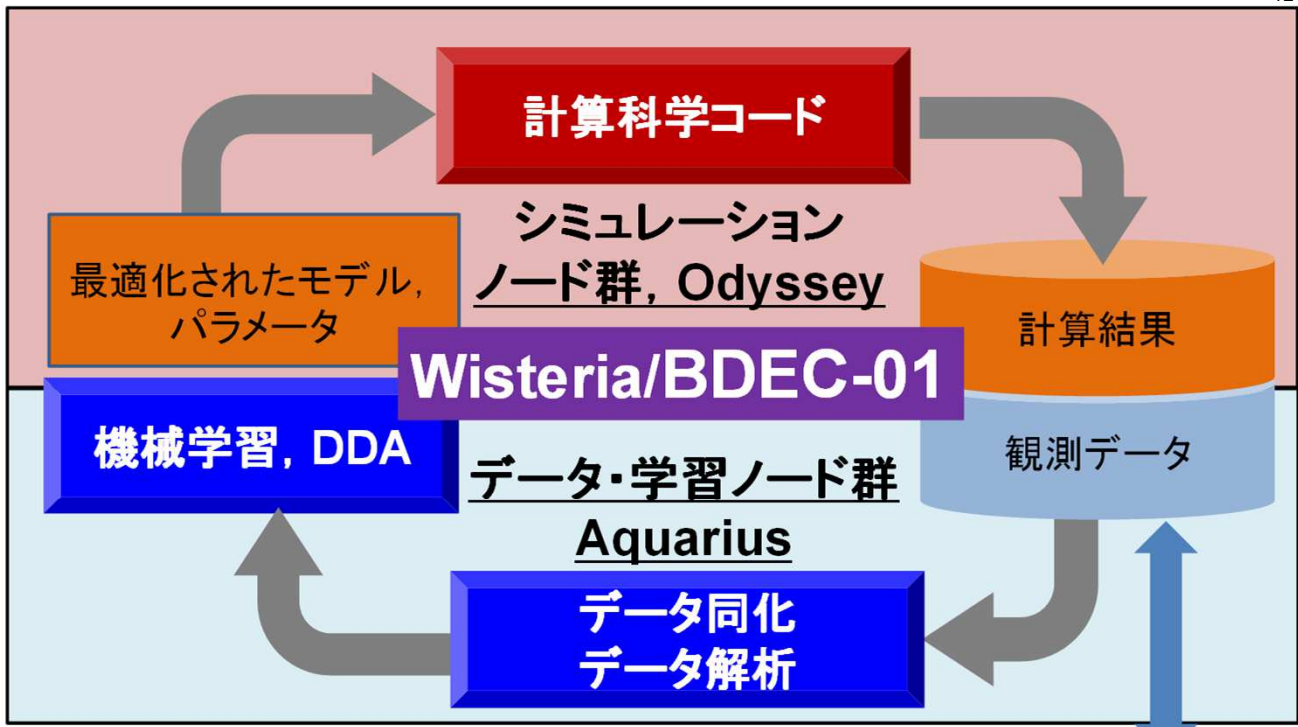


Simulation Nodes
Odyssey
 25.9 PF, 7.8 PB/s

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



サーバー
 ストレージ
 DB
 センサー群
 他

外部ネットワーク

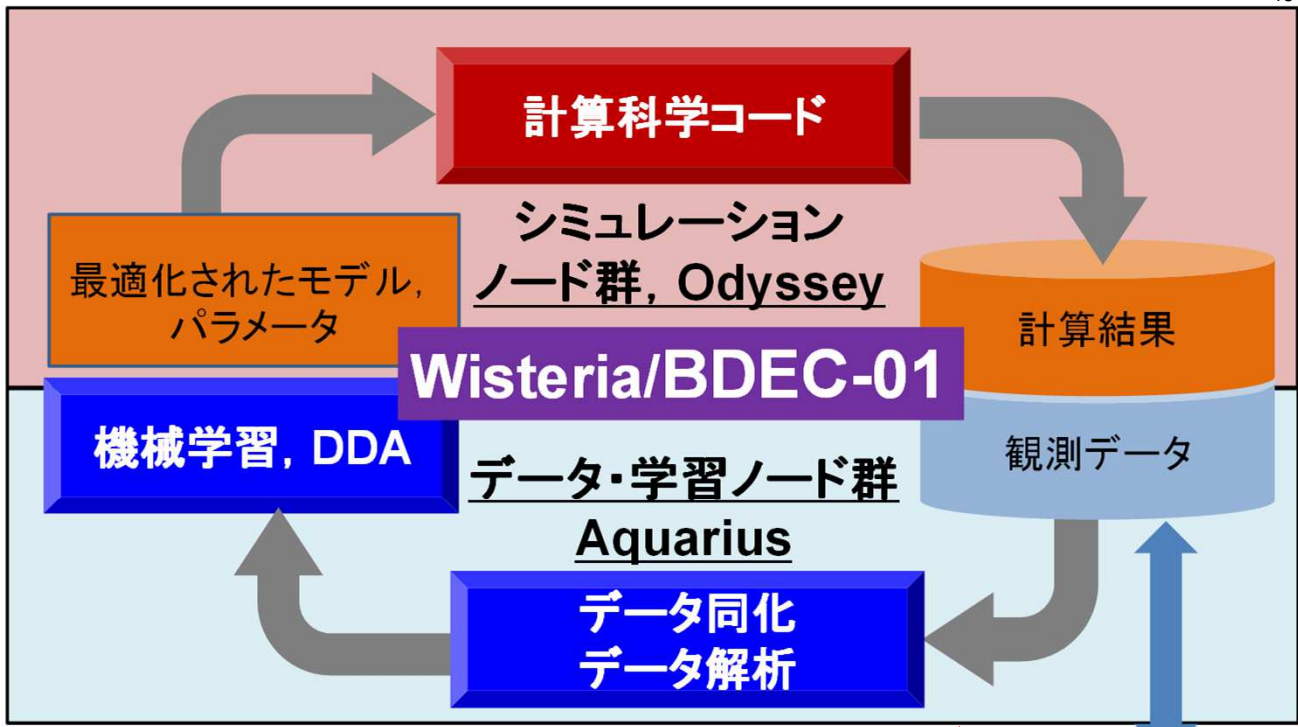
外部リソース

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



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) = AI for HPC

November 2021 (SC21)の諸ランキング

Wisteria/BDEC-01のシミュレーションノード群 (Odyssey) とデータ・学習ノード群 (Aquarius) は別々に測定・申請

System	TOP500	Green500	HPCG	Graph500	HPL-AI
	連立一次方程式 (密行列)	TOP500:消費電力 当たり計算性能	連立一次方程式 (疎行列)	グラフ処理	連立一次方程式 (密行列・混合精度)
Oakforest-PACS	39	65	23	-	-
Oakbridge-CX	110	62	71	-	-
Wisteria/BDEC-01 (Odyssey)	17	27	9	3	9
Wisteria/BDEC-01 (Aquarius)	106	15	58	-	-

h3-Open-BDEC

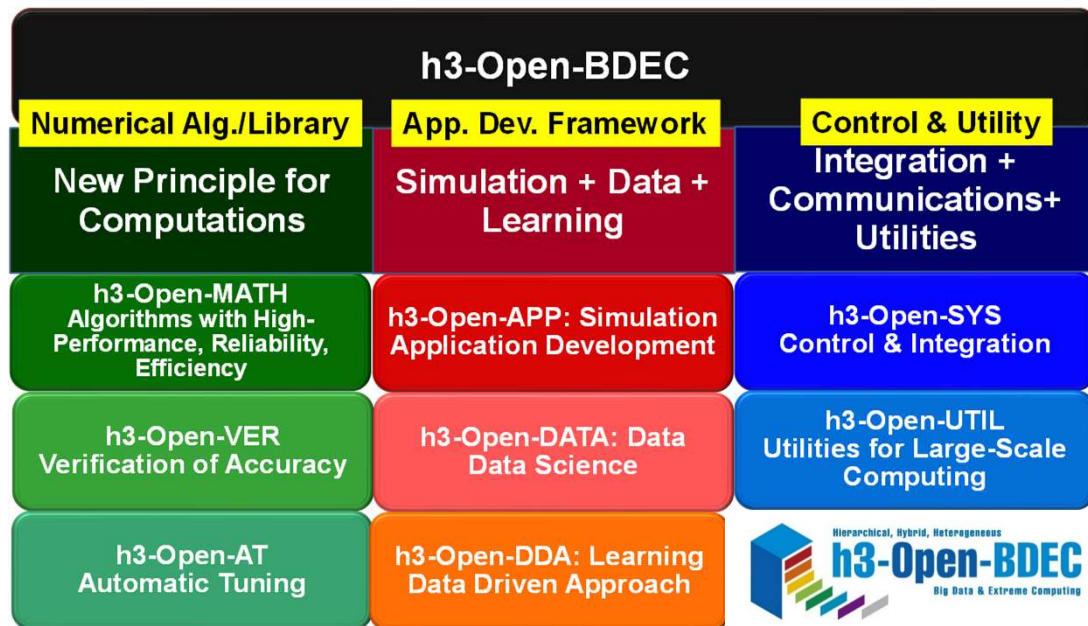
「計算+データ+学習」融合を実現する革新的ソフトウェア基盤
 科研費基盤研究(S)(2019年度~23年度, 代表: 中島研吾)

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

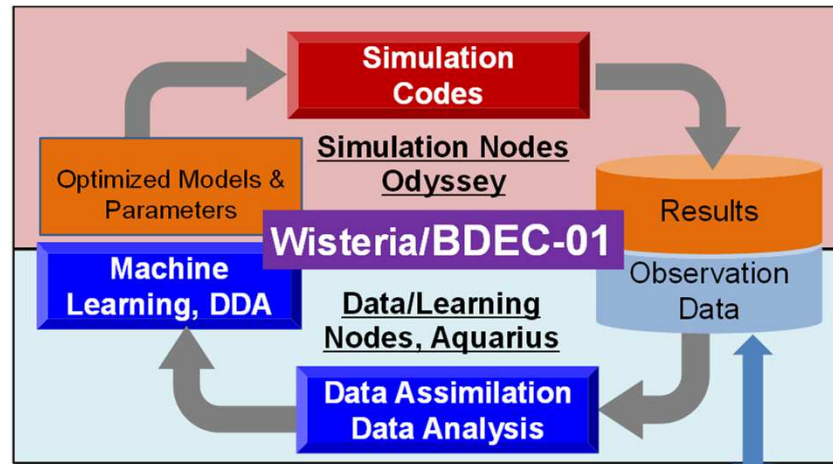
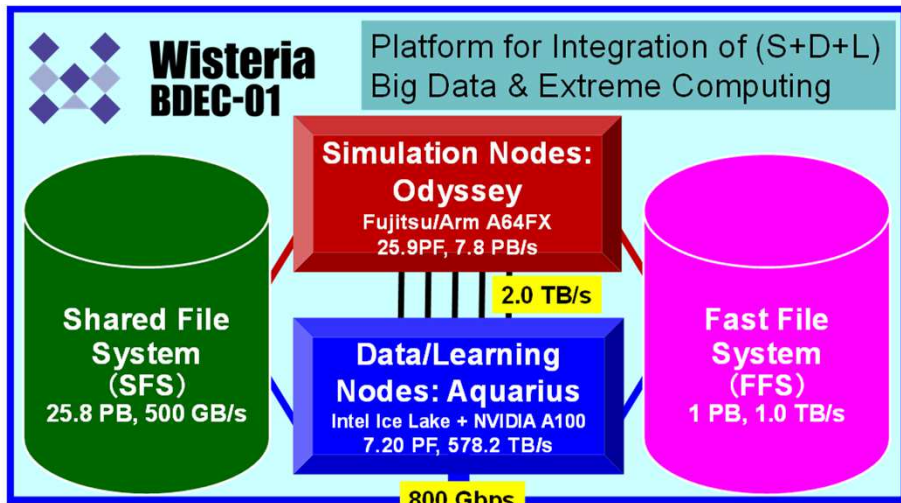
Hierarchical,
Hybrid,
Heterogeneous

Big Data &
Extreme
Computing

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



Wisteria/BDEC-01: The First “Really Heterogenous” System in the World



Server,
Storage,
DB,
Sensors,
etc.



External
Resources

External Network

External
Resources



External Network



External
Resources

AI for HPCの実現へ向けて

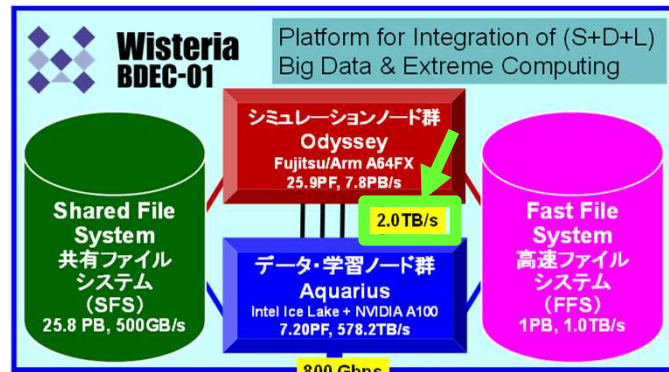


Odyssey-Aquarius連携

- MPIによる通信は不可
 - O-Aを跨いでMPIプログラムは動かない
- Odyssey-Aquarius間はInfiniband-EDR (2TB/sec)で結合されている

ソフトウェア開発

- 高機能カプラー: h3-Open-UTIL/MP
- O-A間通信: h3-Open-SYS/WaitIO
 - IB-EDR経由 (WaitIO-Socket)
 - 高速ファイルシステム (FFS) 経由連携 (WaitIO-File)



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
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
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	Hierarchical, Hybrid, Heterogeneous Big Data & Extreme Computing

h3-Open-SYS/WaitIO

データ受け渡しライブラリ〔松葉, 2020〕

〔住元他, HPC-181, 2021〕

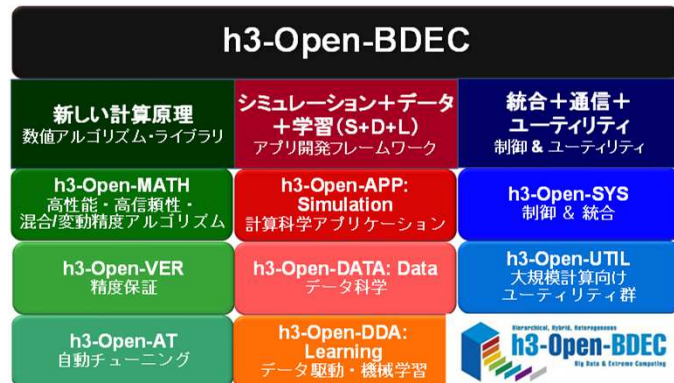
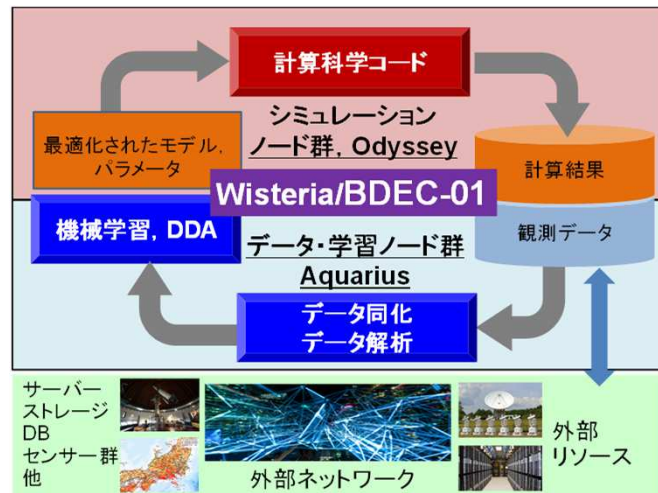
- ヘテロジニアス環境下での異なるコンポーネント間ファイル経由連携ライブラリとして考案

機能

- ✓ Odysseus～Aquarius間連携
 - IB-EDR経由通信 (WaitIO-Socket)
 - ファイル経由 (WaitIO-File)
- ✓ 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



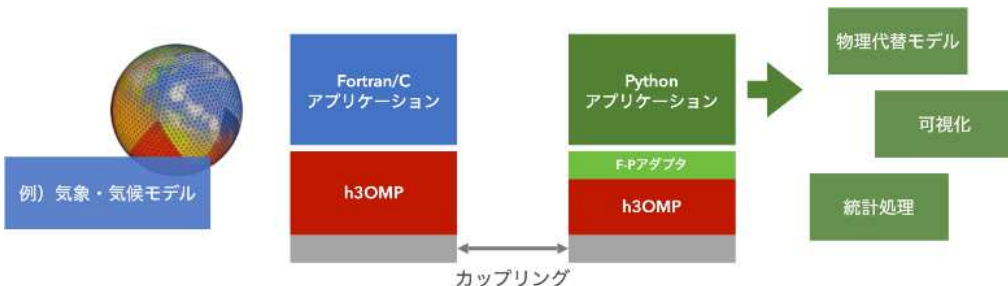
「計算+データ+学習」融合を支援する 多機能カプラーh3-Open-UTIL/MP



- 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

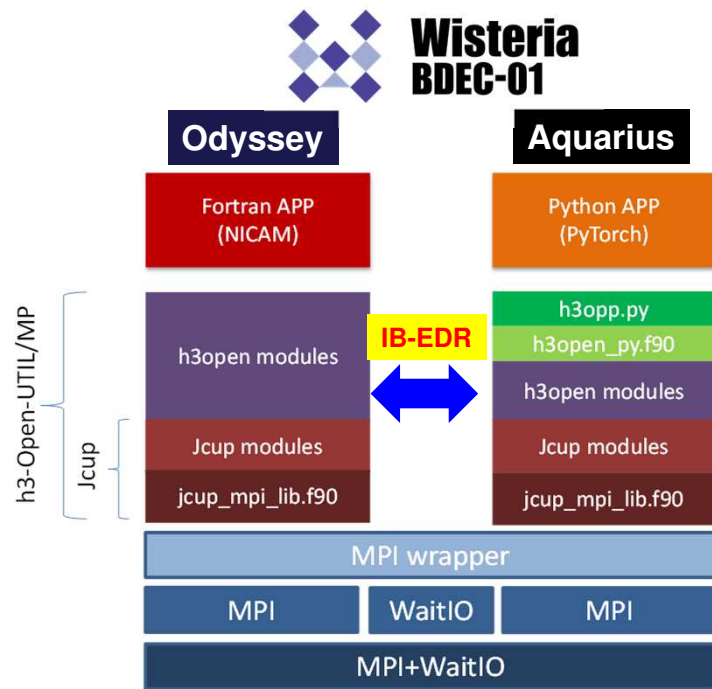
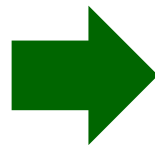
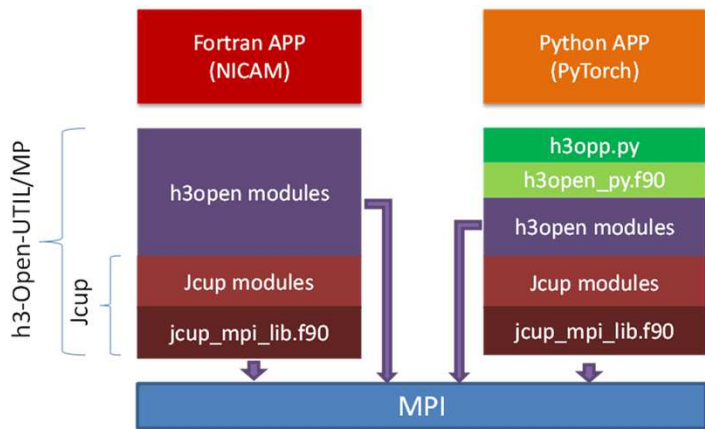
Fortran/Cコード(物理モデル)とPythonコードの弱連成を実現する機能

- 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に機能拡充。



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

h3-Open-UTIL/MP・ h3-Open-SYS/WaitIO連携 2022年6月から利用可能



2021年4月：MPI通信可能な環境を前提

2022年6月：Coupler + WaitIO

大規模共通ストレージシステム「Ipomoea」

- スーパーコンピュータの処理能力の向上に伴い、扱うデータ量も増加の一途
- 東大センターでは従来ストレージは各システムに附属して導入され、各システムのストレージは独立
- **このような状況(注:ストレージがシステム毎に独立)は利用者に多大な不便を強いることになり、東大センターの全システムからアクセス可能な共通ストレージの導入が強く求められていた**
- 各システムからアクセスできる「大規模共通ストレージ(Ipomoea)」導入決定
 - OFP運用終了が契機
 - 1システムを約5-6年使用し、約3年ごとに新しいストレージシステム(25+PB)を導入し、入れ替えることを想定している



大規模共通ストレージシステム「Ipomoea」

- スーパーコンピュータの処理能力の向上に伴い、扱うデータ量も増加の一途
- 東大センターでは従来ストレージは各システムに附属して導入され、各システムのストレージは独立
- このような状況（注：ストレージがシステム毎に独立）は利用者に多大な不便を強いることになり、東大センターの全システムからアクセス可能な共通ストレージの導入が強く求められていた
- 各システムからアクセスできる「大規模共通ストレージ（Ipomoea）」導入決定
 - OFP運用終了が契機
 - 1システムを約5-6年使用し、約3年ごとに新しいストレージシステム（25+PB）を導入し、入れ替えることを想定している



2001-2005

2006-2010

2011-2015

2016-2020

2021-2025

2026-2030

Hitachi SR8000
1,024 GFHitachi SR11000
J1, J2
5.35 TF, 18.8 TFHitachi SR16K/M1
Yayoi
54.9 TFHitachi
SR2201
307.2GFHitachi
SR8000/MPP
2,073.6 GFOBCX
(Fujitsu)
6.61 PFHitachi HA8000
T2K Today
140 TFOakforest-
PACS (Fujitsu)
25.0 PFOFP-II
100+ PFFujitsu FX10
Oakleaf-FX
1.13 PFWisteria
BDEC-01 Fujitsu
33.1 PFBDEC-
02
250+ PFReedbush-
U/H/L (SGI-HPE)
3.36 PF

Ipomoea-01 25PB

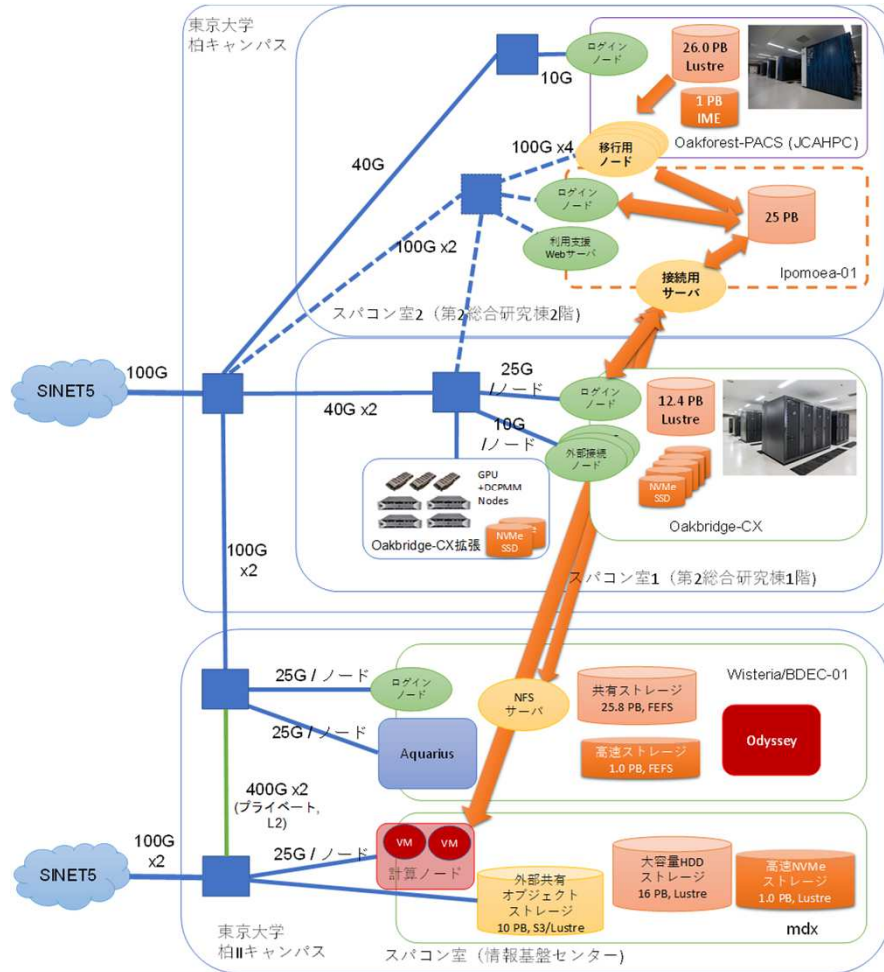
Ipomoea-
03

Ipomoea-02

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

Ipomoea-01

- 2022年1月運用開始, 25+PB
 - 富士通製
- FPのLustre 領域の必要ファイルの移行完了, 2022年6月から公開
- 割当容量
 - 東大センターのシステムのいずれかに利用者番号(教育利用, 講習会除く)を有する場合
 - 各利用者ごとに5TB
 - 各グループごとに登録システムで付与されている容量の15%を無償で付与
 - 追加負担金(企業はこの2割増し)
 - 7,200円/TB/年, 2,100,000円/PB/年
 - Ipomoea-01のみの利用申込みも可能

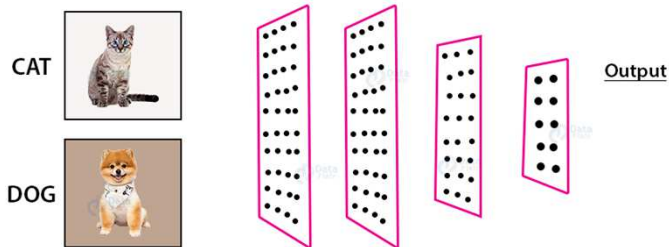


将来へ向けた取り組み (計算・データ・学習) 融合路線の継続

- AI(学習)の位置付け:「デジタルツイン」へのシフト
 - AI 4.0 から AI 5.0(次頁)
- 「AIとHPCの融合」, 「AI-for-HPC」

- AI-1.0: パーセプトロン、AI-2.0: 論理ベース(ICOT)、AI-3.0: ニューロ・ファジィ、AI-4.0: 従来AIターゲットに対するピュアな深層学習
- AI-5.0: デジタルツインを実現するための第一原理シミュレーション・経験的AI手法・データ(同化)の統合

AI-4.0



<https://data-flair.training/blogs/cats-dogs-classification-deep-learning-project-beginners/>

画像認識、自然言語処理、将棋囲碁などの、従来のAIターゲットの深層学習による高度化

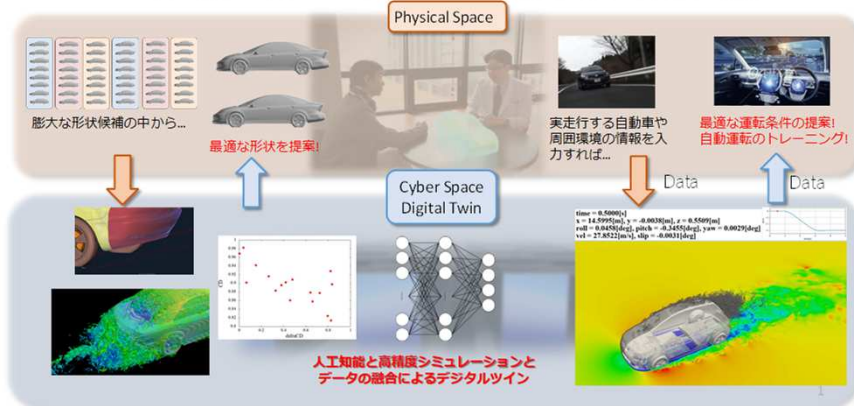
AI-5.0



AI-5.0におけるデジタルツインによる研究開発のDX



- サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合



将来へ向けた取り組み (計算・データ・学習) 融合路線の継続

- AI(学習)の位置付け:「デジタルツイン」へのシフト
 - AI 4.0 から AI 5.0
- 「AIとHPCの融合」, 「AI-for-HPC」
- 自然な発想
- Wisteria/BDEC-01, h3-Open-BDEC, はこの状況を想定して, 研究開発を進めてきた
 - 自然な発想ではあるが, 実際にシステムとして(ハードウェア, アプリ)動かすのは大変
 - 運用開始から一年, ようやくソフトウェア開発が追いついてきた
 - 6月早々には, Odyssey-Aquarius連携が可能となる
 - <https://jhpcn-kyoten.itc.u-tokyo.ac.jp/abstract/jh220020>
 - <https://jhpcn-kyoten.itc.u-tokyo.ac.jp/abstract/jh220055>

将来へ向けた取り組みの現状

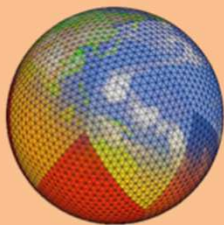
(計算・データ・学習) 融合路線の継続

- ヘテロジニアス環境におけるシステムソフトウェアの開発
- MATLABの導入
- 萌芽型研究課題 (AI-for-HPC)
- 次期システム (Wisteria-Mercury, OFP-II, BDEC-02)

h3-Open-UTIL/MP (h3o-U/MP) + h3-Open-SYS/WaitIO



ARM: A64FX



A huge amount of
simulation data
output

HPC App
(Fortran)

h3o-U/MP

IceLake+A100

Analysis/ML
App
(Python)

F<->P adapter

h3o-U/MP

Surrogate
Model

Visualization

Statistics

Coupling

IB-EDR



**Wisteria
BDEC-01**

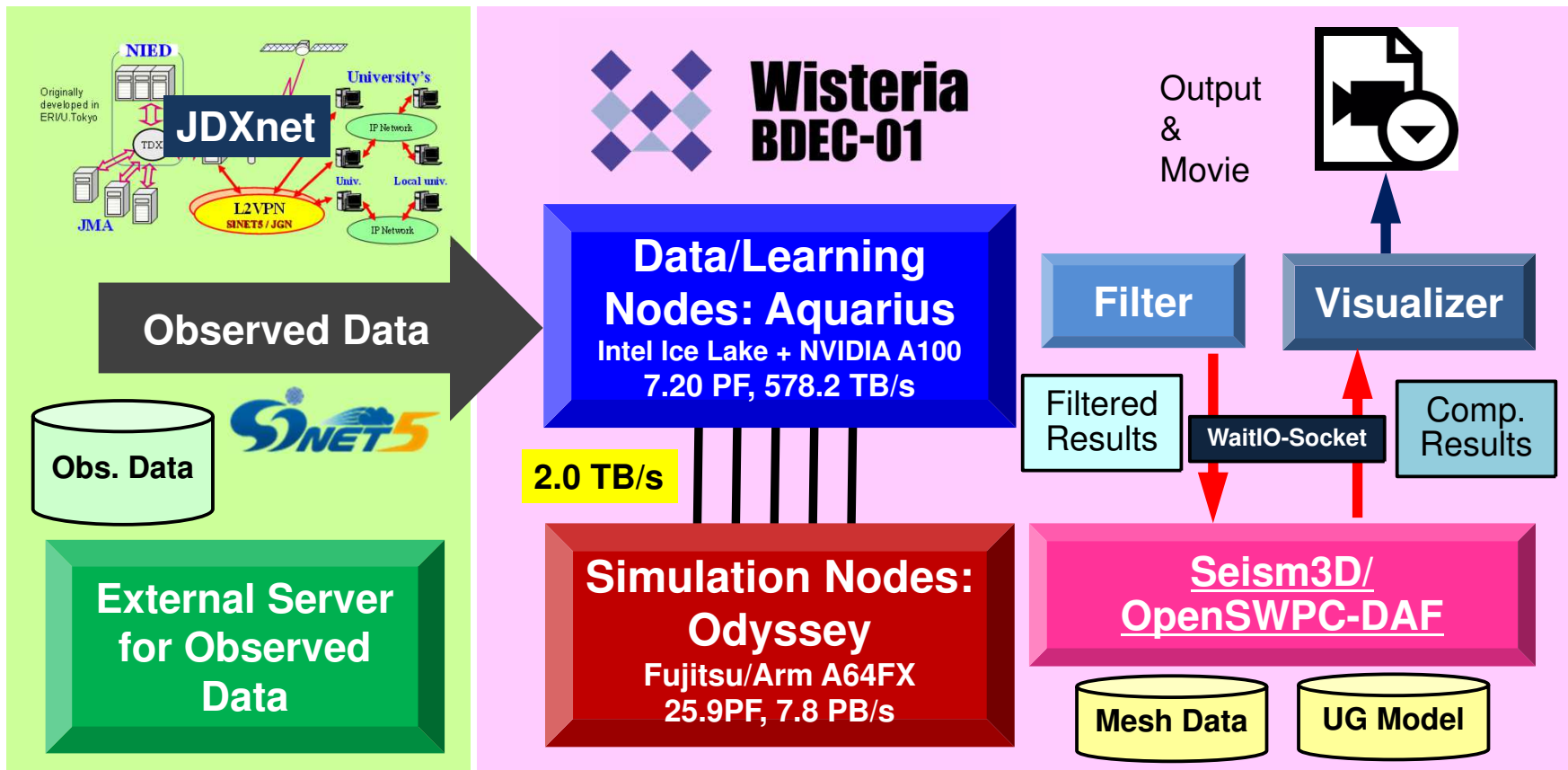
Odyssey



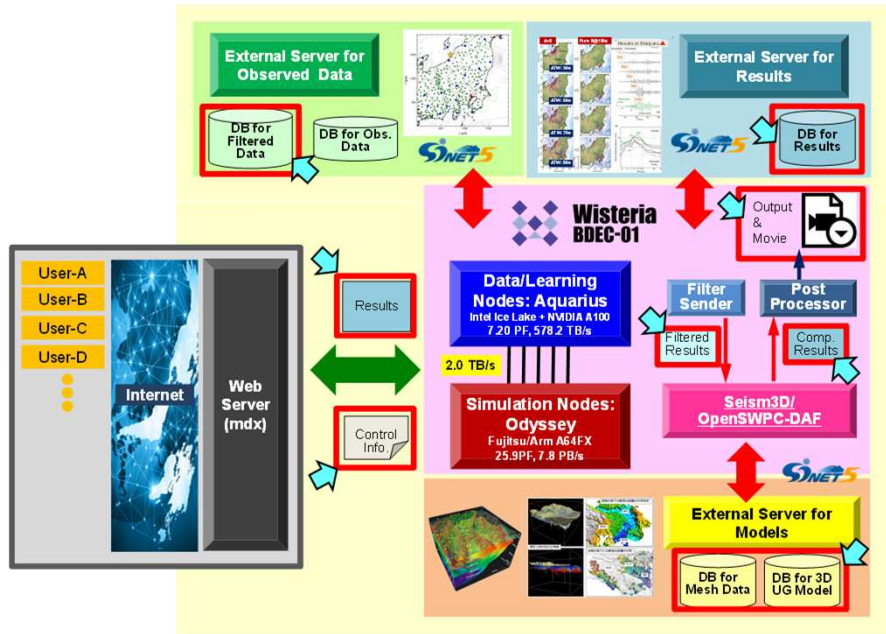
**Wisteria
BDEC-01**

Aquarius

長周期地震動シミュレーション＋観測データ同化

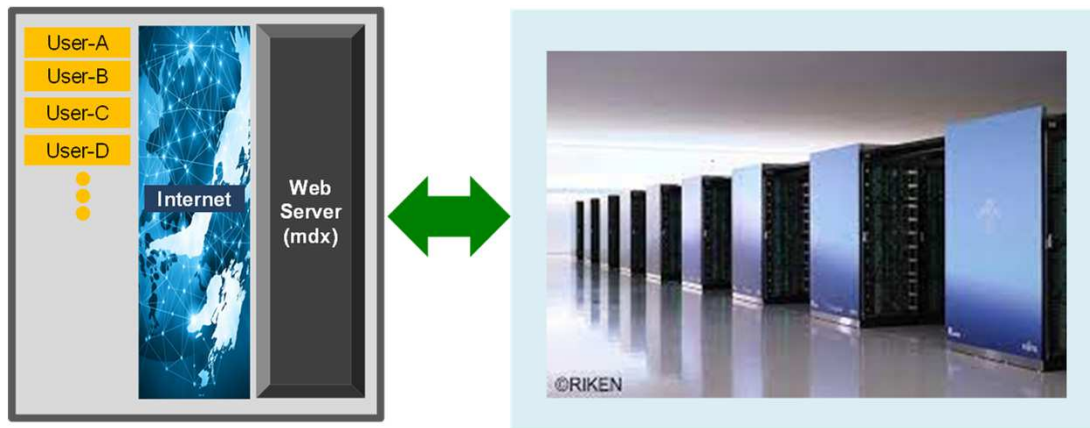


Webベース シミュレーション体験・ データ利活用システム



- 「3D長周期地震動+リアルタイムデータ同化」融合シミュレーションシステムの「防災・減災」啓蒙・教育へ向けた利用・展開を図るため、Webベースのシミュレーション体験・データ利活用環境を構築(2022年度)
- 利用者はWeb Server(mdx上)にアクセスし、スパコン(Wisteria/BDEC-01)上でのシミュレーションの実施、計算結果、観測結果の可視化処理、表示等を行う。
- Web経由でデータ群をスパコン上で処理するフレームワークは様々なアプリケーションへの転用が可能

理研R-CCS人材育成プログラムにおける シミュレーション・計算科学体験システム



- 計算科学体験システムとして理研R-CCSの人材育成への活用を検討中
 - ✓ 「富岳」のクラウド的利用, ウェブサーバーをmdxに置く
- 2022年度はまず大学生以上向けに「構造解析」を題材に作成
 - ✓ 小中高生向けに広報Gと連携して2023年度以降プログラム整備
 - ✓ 今後様々なアプリに拡張

将来へ向けた取り組みの現状

(計算・データ・学習) 融合路線の継続

- ヘテロジニアス環境におけるシステムソフトウェアの開発
- **MATLABの導入**
- 萌芽型研究課題 (AI-for-HPC)
- 次期システム (Wisteria-Mercury, OFP-II, BDEC-02)

東大スパコン利用指針(1/2)

OBCX, Odyssey, Aquarius

- 基本的には、自作コード、オープンソースの利用を前提
 - OpenFOAM(流体)
 - OBCX, Odyssey
 - 今野雅博士(客員研究員):OpenFOAM関連チュートリアル
 - FrontISTR, FrontFlow, ABINIT(東大生研)
 - ppOpen-HPC, h3-Open-BDEC(東大センター)
- 商用コード
 - Altair HyperWorks(汎用CAEコード)
 - <https://www.altairjp.co.jp/hyperworks/>
 - OBCX, Aquarius(一部)
 - 国内大学教職員・学生のみ利用可能
 - 研究機関, 企業の場合は別途ライセンス取得が必要
 - **MATLAB(2022年3月から利用可能)**
 - OBCX, Aquarius



東大スパコン利用指針(2/2)

OBCX, Odyssey, Aquarius

	OBCX 1,368ノード	Odyssey 7,680ノード	Aquarius 45ノード, 360GPU	O+A
計算科学(S)	◎	◎	◎	-
データ科学(D)	◎	◎	◎	-
機械学習・AI(L)	○	○	◎	-
大規模計算	○	◎	○	◎
「S+D+L」融合	○	○	◎	◎
商用コード	○	△	○	-
MATLAB	☑		☑	☑
特徴	<ul style="list-style-type: none"> Intel Xeon CPUのため特殊なチューニングは不要 外部接続ノード(128) SSD搭載ノード(16) 	<ul style="list-style-type: none"> 富岳と同じA64FX搭載, 高いメモリ性能 超大規模シミュレーション可 FP16容易に利用可 チューニング必須 	<ul style="list-style-type: none"> 高性能GPU(NVIDIA A100)搭載 外部接続可能 	<ul style="list-style-type: none"> O-A連携ソフトウェア開発中(h3-Open-BDEC, WaitIO)
こんな用途に	<ul style="list-style-type: none"> 研究室内のマシン等での計算の大規模化 	<ul style="list-style-type: none"> 大規模計算, FEM・差分法等によるシミュレーション 	<ul style="list-style-type: none"> 機械学習, 深層学習 粒子法シミュレーション 	<ul style="list-style-type: none"> (S+D+L)融合

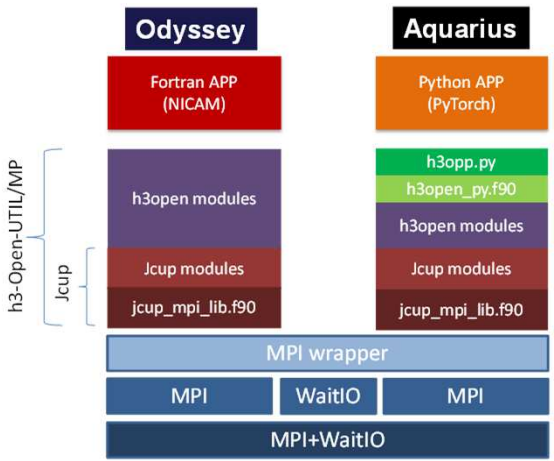
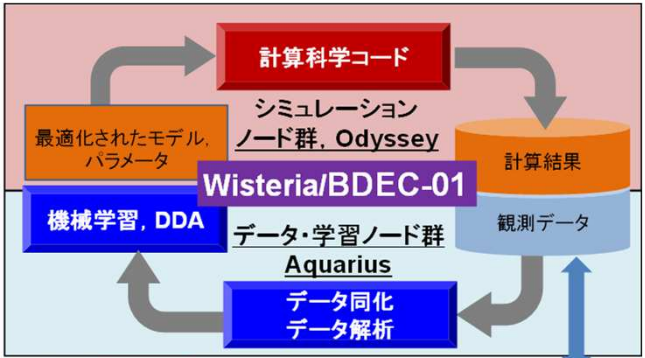
MATLABへの期待 「S+D+L」融合, AI for HPCの実現



• MATLAB

- ✓ 多様な機能
- ✓ ユーザーのプログラムからの関数呼び出し重視⇒データ解析, 機械学習系の豊富な機能⇒高度化
- ✓ MATLABはAquarius(データ・学習ノード群)でのみ稼働するが, h3-Open-BDECと連携させて, Odyssey(シミュレーションノード群)上で実施する大規模シミュレーションのパラメータ最適化に適用する⇒「S+D+L」融合, AI for HPC

- h3-Open-BDECは様々な環境で動作⇒MATLABと組み合わせた使用による普及



将来へ向けた取り組みの現状

(計算・データ・学習) 融合路線の継続

- ヘテロジニアス環境におけるシステムソフトウェアの開発
- MATLABの導入
- **萌芽型研究課題(AI-for-HPC)**
- 次期システム(Wisteria-Mercury, OFP-II, BDEC-02)

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)(1/2)

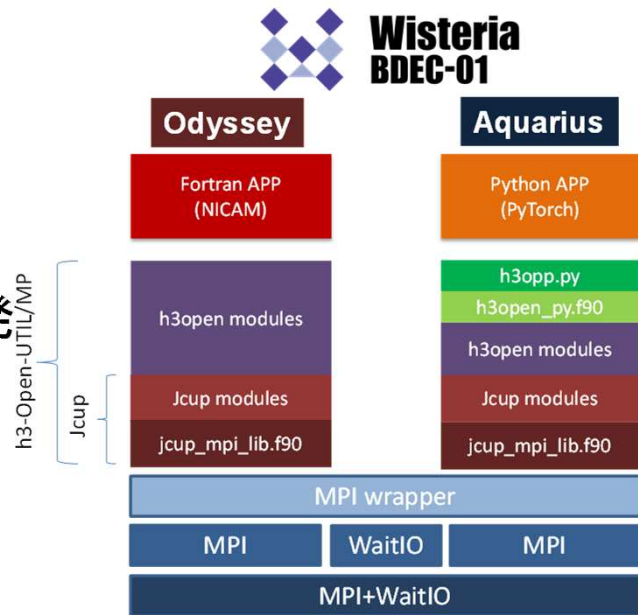
<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/guide/exploratory/AIforHPC/>

- (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
- 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
 - 次年度JHPCN共同研究課題応募を目指す

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)(2/2)

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

- 原則年1回募集⇒随時募集年4回審査に変更
 - 次回締切は2022年5月末, 次次回は8月末
- 計算機資源を無償で提供(負担金50万円相当)
 - OBCX, Wisteria/BDEC-01
 - Wisteria/BDEC-01 (Odyssey+Aquarius) 利用推進
- Wisteria/BDEC-01向けソフトウェア群の共同開発
 - h3-Open-BDEC
- 成果公開
 - 報告書(ニューズレターへの寄稿), 報告会



これまでの採択課題

地球科学, 計算+データ同化+機械学習融合

年度	代表者	課題名	使用計算機	備考
2020	澤田洋平 (東京大学工学系 研究科・准教授)	地球科学シミュレーションの 不確実性定量化の新展開	Oakforest-PACS	
2021	澤田洋平 (東京大学工学系 研究科・准教授)	超巨大アンサンブル 計算と機械学習の協調による 地球科学シミュレーション の不確実性定量化	Wisteria/BDEC-01 (Odyssey) Wisteria/BDEC-01 (Aquarius)	h3-Open-BDECの提供する Odyssey-Aquarius連携ライ ブラリの開発にも貢献して もらう予定 FY.2022 JHPCN採択
2021	菊地淳(理化学研 究所環境資源科学 研究センター・チ ームリーダー)	数値シミュレーションと機械 学習との融合による東京 湾の赤潮予測	Wisteria/BDEC-01 (Aquarius) Oakbridge-CX	FY.2022 JHPCN採択

将来へ向けた取り組みの現状 (計算・データ・学習) 融合路線の継続

- ヘテロジニアス環境におけるシステムソフトウェアの開発
- MATLABの導入
- 萌芽型研究課題 (AI-for-HPC)
- **次期システム (Wisteria-Mercury, OFP-II, BDEC-02)**

将来計画

- Wisteria/BDEC-01 (Mercury) : 2023年4-6月運用開始予定
- OFP-II: 2024年4月運用開始予定
 - Oakforest-PACS (OFP) の後継機
 - JCAHPCとして筑波大学と共同で導入, 運用の予定
 - ピーク性能100+PF(目標値), 加速器付きノード群を含む
 - 「計算・データ・学習」融合路線を継承(予定)
- BDEC-02: 2027年10月～2028年4月運用開始予定

2001-2005

2006-2010

2011-2015

2016-2020

2021-2025

2026-2030

Hitachi SR8000
1,024 GF

Hitachi SR11000
J1, J2
5.35 TF, 18.8 TF

Hitachi SR16K/M1
Yayoi
54.9 TF

Hitachi
SR2201
307.2GF

Hitachi
SR8000/MPP
2,073.6 GF

OBCX
(Fujitsu)
6.61 PF

Hitachi HA8000
T2K Today
140 TF

Oakforest-
PACS (Fujitsu)
25.0 PF

OFP-II
100+ PF

Fujitsu FX10
Oakleaf-FX
1.13 PF

Wisteria
BDEC-01 Fujitsu
33.1 PF

BDEC-
02
250+ PF

Reedbush-
U/H/L (SGI-HPE)
3.36 PF

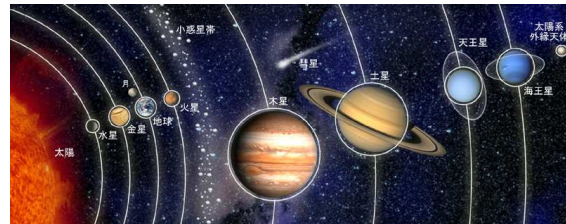
Ipomoea-01 25PB

Ipomoea-
03

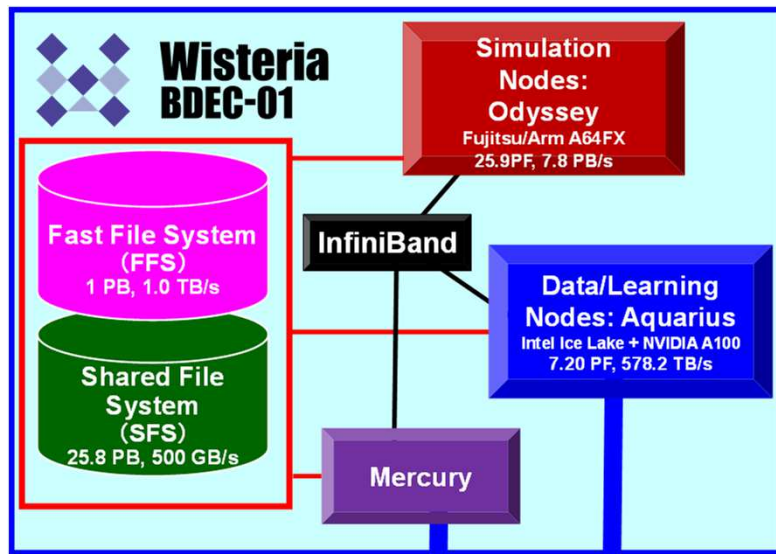
Ipomoea-02

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

次世代「データ・学習ノード群」 (Mercury)



- Wisteria/BDEC-01の「シミュレーションノード群 (Odyssey)」及び「データ・学習ノード群 (Aquarius)」と連携し、Wisteria/BDEC-01の実施するデータ・学習に関連したワークロードを実行
- 汎用CPU及び演算加速装置から構成される計算ノード群
- Wisteria/BDEC-01のログインノード、共有ファイルシステム、高速ファイルシステム、ジョブ管理システム、管理サーバ群等を使用して運用する
 - ソフトウェア: Aquariusと同等の機能を提供



External Resources



Router for External Connection

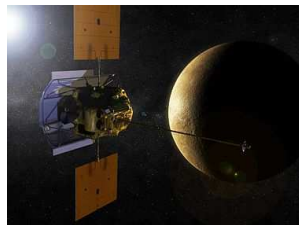
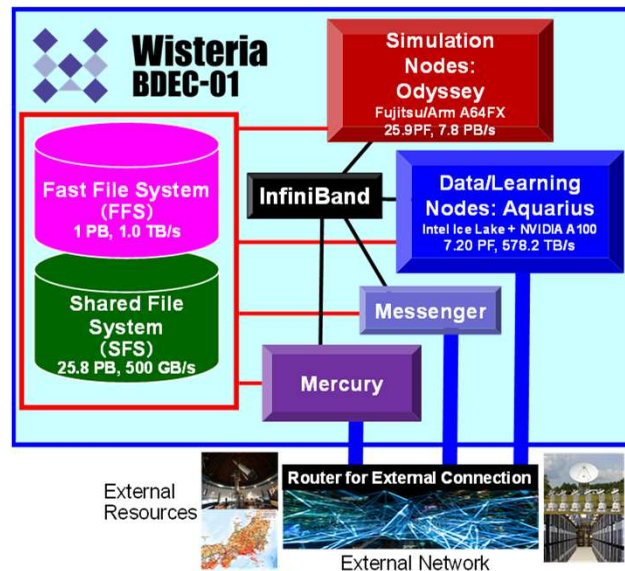
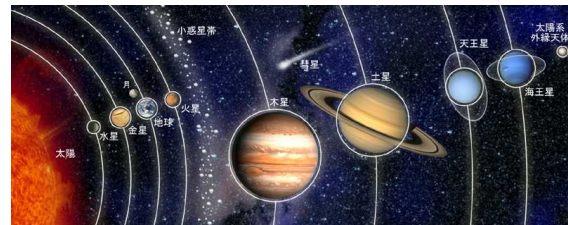


External Network



Wisteria/BDEC-01 (Mercury)とは？

- Wisteria-Mercury
 - 2023年4-6月運用開始
- 主としてAquariusの実施する「データ・学習」に関連するワークロードをサポート
 - 機動性に富むシステム⇒ローマ神話の「翼の生えた使いの神 (Mercurius, Mercury, ギリシャ神話のHermes)」に因む
- 元々、CPUのみのシステムとして計画
 - 実はIcelake 6ノードから構成される Messenger という小型システムはある (一般には公開していない)
- その後、位置づけがやや変化
 - OFP-IIのプロトタイプ (後述)
- もうすぐ仕様書原案！



まとめ(1/2):これまで

- 「計算・データ・学習」融合を掲げて6年あまり, 2021年度は特筆すべき年
 - 「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」の導入, 運用開始
 - 革新的基盤ソフトウェア「h3-Open-BDEC」開発の進展
 - 地球科学を中心とした様々な分野への応用⇒Society 5.0への貢献
 - 萌芽型研究「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」
- Wisteria/BDEC-01は「計算・データ・学習」融合を実現する, ヘテロジニアスなシステムとしては世界でも初めてのもの
 - HPCI, JHPCN構成機関とも協力して「計算・データ・学習」融合推進を継続する
- 増大するデータ⇒Ipomoeaシリーズの導入
 - 東大センターとしては初の「共通ストレージ」システム

まとめ(2/2):これから

- 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
 - 最近急速に多様化が進んでいる
 - 東大センター:約3,000人のユーザー
 - プログラミング環境, コード移植が大きな問題
 - OFP-IIの話
- DPU, IPU, Quantum-Inspired Devices etc.
 - 東大情報基盤センターでは, 2019年頃から「Fujitsu Digital Annealer」を利用
 - 組み合わせ最適化: Reordering⇒Intel PIUMA他
 - AI 5.0を目指す場合, HPC・スパコンとの連携は必須
 - プログラミング・アプリ開発環境
 - BDEC-02(2027年10月～2028年4月頃)でそれを目指すべき

