

# JHPCNから「計算・データ・学習」融合を目指す 学際大規模情報基盤共同利 用・共同研究拠点公募説明会 @東大



**Wisteria**  
**BDEC-01**

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  
<http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/>  
問合せ先: [uketsuke@cc.u-tokyo.ac.jp](mailto:uketsuke@cc.u-tokyo.ac.jp)

# 本日の趣旨



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

- 東京大学情報基盤センターのスーパーコンピュータ群
- 学際大規模情報基盤共同利用共同研究拠点 (JHPCN) 公募課題
- 質疑
  
- 現在運用中のシステム
  - Reedbush-H, Reedbush-L (2021年11月末運用終了)
  - Oakforest-PACS (2022年3月末運用終了)
  - Oakbridge-CX (2019年7月運用開始)
  - Wisteria/BDEC-01 (2021年5月運用開始)

# 東京大学情報基盤センター



- 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
- 2021年11月現在
  - 5式のシステムを運用
    - Reedbush-H, Reedbush-L, Oakforest-PACS(OFP): 2021年度中に運用終了
    - 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



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 (OFF) (JCAHC)  
Fujitsu, Intel Xeon Phi  
25.0 PFLOPS, 8.51 PB/sec.

OFF-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.

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.

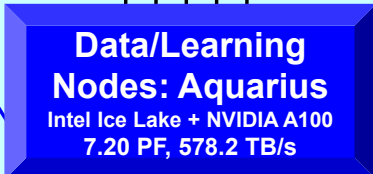
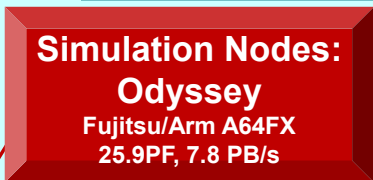
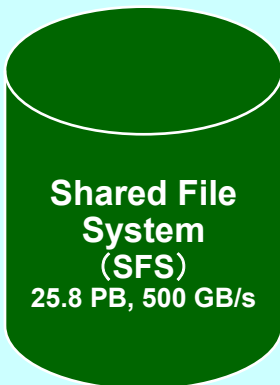
東京大学情報基盤  
センターのスパコン  
利用者2,600+名  
55%は学外

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.



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

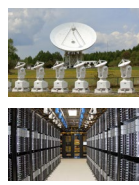


800 Gbps

External Resources



External Network



External Resources



Wisteria BDEC-01

Simulation Nodes  
(Odyssey)



Wisteria BDEC-01

Data/Learning Nodes  
(Aquarius)



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

### 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(予定)
- 東大ITC初のGPUクラスタ, 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(予定)
- 25 PF, #39 in 58<sup>th</sup> TOP 500 (November 2021)

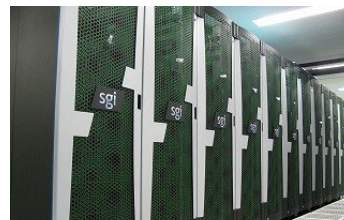
### Oakbridge-CX (OBCX) (Fujitsu, Intel Xeon CLX)

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



### Wisteria/BDEC-01 (Fujitsu)

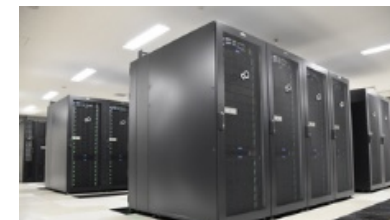
- シミュレーションノード群 (Odyssey) : A64FX (#17)
- データ・学習ノード群 (Aquarius) : Intel Icelake+NVIDIA A100 (#106)
- 33.1 PF, #13 in 57<sup>th</sup> TOP 500, 2021年5月14日運用開始
- 「計算・データ・学習(S+D+L)」融合のためのプラットフォーム
- 革新的ソフトウェア基盤「h3-Open-BDEC」  
(科研費基盤(S) 2019年度～2023年度)



Reedbush



Oakforest-PACS



Oakbridge-CX

# 2022年度以降諸制度(予定)(○:代表者, △:参加者)

制度名	種別	大学等	企業	学生	個人	審査	無料	報告書	A	B	C	D	備考	募集
通常利用	一般	○	△	○					✓	✓	✓			随時
	トライアル	○	△	○				✓			✓	✓	年度内	随時
お試し利用		○	○	○	✓		✓				✓	✓	1ヶ月限定	随時
JHPCN		○	○	△		書類	✓	✓		✓				年1回(1月)
HPCI	一般・若手	○	△	△		書類	✓	✓		✓				年1回(10-11月)
	産業		○			書類	✓	✓		✓				
若手女性	一般	○	○	○	✓	書類	✓	✓		✓	✓			年2回(8・2月)
	インターン			○	✓	書類	✓	✓			✓			年1回(夏季)
AI for HPC		○	○	△		書類	✓	✓		✓	✓			年1回(2月)
HPCチャレンジ		○	○	○		書類	✓	✓						年数回
講習会		△	△	△	✓		✓						1ヶ月有効UID	年20回程度
教育利用		○	○	○		書類	✓	✓					企業研修等可	随時
企業利用	一般	△	○	△		+面接		✓		✓				年2回(8・2月)
	トライアル	△	○	△		+面接	一部	✓			✓	✓	3ヶ月無料 年度内	随時, 年4回審査

(A:トークン移行, B:ノード固定, C:Odyssey⇔Aquarius移行可能, D:1システム1回限り応募可能)

- JHPCNの概要
  - 東大情報基盤センターのスパコン概要
  - Wisteria/BDEC-01
  - Oakbridge-CX
  - Ipomoea-01
  - h3-Open-BDEC
- 
- 利用事例
  - JHPCN利用申込み

# 学際大規模情報基盤共同利用共同研究拠点 (JHPCN)

<https://jhpcn-kyoten.itc.u-tokyo.ac.jp/>

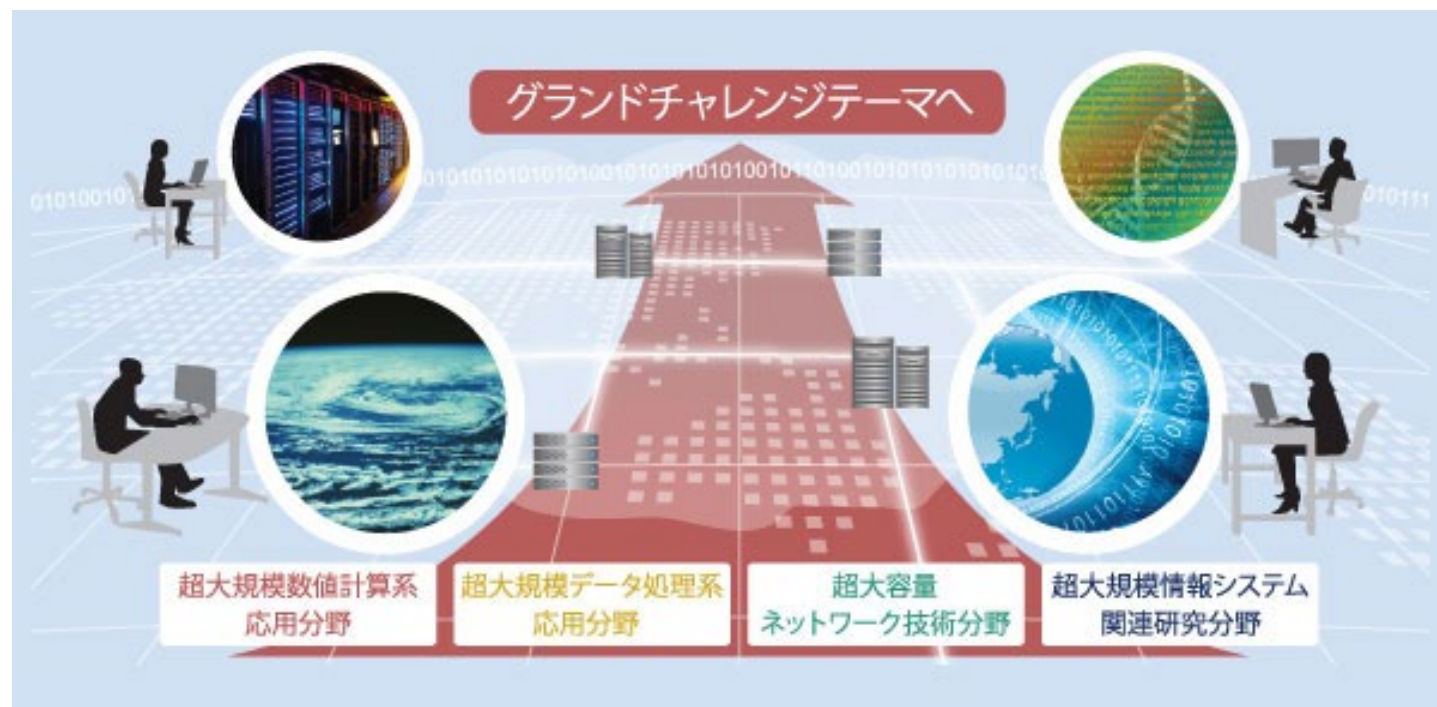
- 大規模スーパーコンピュータを有する8国立大学センターから構成されるネットワーク型拠点
  - 北海道, 東北, 東大(中核拠点), 東工大, 名古屋, 京都, 大阪, 九州
- 文部科学省「共同利用・共同研究拠点」として認可され, 2010年4月から活動開始(6年に一回見直し(+3年))
  - 東大:地震研, 大気海洋研, 物性研など
- 学際的な共同研究課題の推進
  - 計算科学+計算機科学
  - 各センタースパコン及び関連設備の利用(無料)
- 2016年度以降は一般課題に加えて, 国際, 産業, 萌芽の3カテゴリー
  - 萌芽は各センター独立:本学「若手・女性」, 「AI-for-HPC」は「萌芽」の一つ
- 2022年度から第3フェーズに入る
  - やや枠組みが変化する(11月中に公開予定JHPCN)





# JHPCNの目的

- グランドチャレンジ的な問題について、学際的な共同利用・共同研究を実施することにより、我が国の学術・研究基盤の更なる高度化と恒常的な発展に資する
  - 超大規模計算機，超大容量ストレージ，超大容量ネットワークなどの情報基盤
  - 地球環境，エネルギー，物質材料，ゲノム情報，Webデータ，学術情報，センサーネットワークからの時系列データ，映像データ，プログラム解析、その他
- JHPCNには、上記の各分野における多数の先導的研究者が在籍し、これらの研究者との共同研究によって、研究テーマの一層の発展が期待できる。



# 共同研究分野(2021年度まで)

- 超大規模数値計算系応用分野
  - 地球環境, エネルギー, 物質材料等の科学・工学分野における科学技術シミュレーション, 関連するモデリング, 数値解析アルゴリズム, 可視化手法, 情報基盤等
- 超大規模データ処理系応用分野
  - ゲノム情報, Webデータ, 学術情報コンテンツ, センサーネットワークからの時系列データ, 映像を始めとするストリームデータなどに対する高度なメディア情報処理, プログラム解析, アクセスや検索, 情報抽出, 統計的・意味的分析、データマイニング
- 超大容量ネットワーク技術分野
  - 超大規模データ共有のためのネットワーク品質の確保や制御, 超大規模ネットワーク自体の構築と運用に必要な監視や管理, そのようなネットワークの安全性の評価と維持確保、およびこれら諸技術の研究開発の支援のための技術等
- 上記研究分野を統合した超大規模情報システム関連研究分野
  - ペタスケール／エクサスケールコンピュータのアーキテクチャ, 高性能計算基盤ソフトウェア, グリッド, 仮想化技術, クラウドコンピューティング等

# 共同研究分野(2022年度から)

- 分野1:大規模計算科学分野:2021年度までのJHPCN
  - 本日はこれについてのみ説明する
  - 超大規模数値計算系応用分野
  - 超大規模データ処理系応用分野
  - 超大容量ネットワーク技術分野
  - 超大規模情報システム関連研究分野
- 分野2:データ科学・データ利活用分野:2022年度からの新分野
  - mdxを中心に利用するような分野
- 分野1にも「大規模データ処理系応用分野」があるが、分野2は人文・社会系も含むより広い範囲が対象、分野1の「データ処理系」は科学技術計算に関わるデータ処理、データ解析、その手法の開発、が中心

# 共同研究のポイント: 全部を満たす, ということではない

- 学際的研究体制
  - 情報科学分野(計算機科学・データ科学)と応用分野による, 学際共同研究の推進
  - 審査においては学際的な研究体制の構築がなされていることを重視
- ソフトウェアおよびデータ活用推進
  - 単なる公開だけでなく, 成果の幅広い利活用を目指す取り組みを高く評価
- IT 基盤技術開発
  - アーキテクチャー, システムソフトウェア, セキュリティ等, IT 技術の基盤的研究につながる課題を高く評価: 各構成研究拠点の研究者との共同研究
- 拠点連携
  - 複数構成拠点の資源を活用, 複数拠点の研究者との連携体制
  - 広域分散型の大規模情報システム, アプリケーションのマルチプラットフォーム実装
- 大規模データ・大容量ネットワーク利用
- 計算機資源の利用のみではなく, 研究開発的要素が大きい課題を採択

# 共同研究の分類

- 一般共同研究課題(採択課題数全体の8割程度)
- 国際共同研究課題(採択課題数全体の1割程度)
  - 国際共同研究課題は, 国内の研究者のみでは解決や解明が困難である問題について, 国外の研究者と学際的な共同研究を実施する
  - 国外の共同研究者との打ち合わせ等の出張旅費を助成する制度がある
    - 1名・2週間程度の滞在可能
- 企業共同研究課題(採択課題数全体の1割程度)
  - 産業応用を重視した学際的な共同研究
- 各課題とも, 大学・研究機関, 民間企業からの参加が可能
- (分野1, 分野2), (HPCI(スパコン利用), 非HPCI)という組み合わせがあるが, ここでは(分野1・HPCI)に限定

# 応募資格

- 課題代表者
  - 日本国内の機関(大学・研究機関, 民間企業等)に所属する者
- 学生参加
  - 大学院生のみ, 課題代表者, 副代表者にはなれない
- 非居住者の参加(国際共同研究課題含む)
  - 利用する計算機を運用している構成拠点に所属している研究者が共同研究者として参加する必要がある⇒東大のスパコンを使う場合は必ず東大センターのメンバーを含む(ご相談ください)(規定★)
- 国際共同研究課題
  - 副代表者として日本国外機関所属研究者を1名以上含む必要がある
  - 英文申込書による応募を必須, 規定★を満たす
- 企業共同研究課題
  - 課題代表者は必ず民間企業に所属する研究者
  - 副代表者の1名以上は規定★を満たす

# その他

- 共同研究期間
  - 2022年4月1日～2023年3月31日
- 利用負担金：無料
- 課題審査：書類審査
- 資源量
  - 単一拠点利用：各資源ごとの（利用資源量／最大資源量）の和の上限：1.00
  - 複数拠点利用：1.20
    - 東大の場合は必ずしもこれには準じていないので、個別にご相談ください
- 応募方法（分野1・HPCI）
  - <https://jhpcn-kyoten.itc.u-tokyo.ac.jp/ja/cfp>
  - 様式記入，Web経由で登録，所属機関長（部局長）の連絡先を登録
  - 利用分野（数値計算，データ処理，ネットワーク，情報システム）師弟

# 留意事項

- 採択研究課題の目的にのみ研究資源等を利用すること。
- 平和利用目的の提案であること。
- 人権および利益保護への配慮を行うこと。
- 文部科学省「生命倫理・安全に対する取組」に適合すること。
- 厚生労働省「研究に関する指針について」に適合すること。
- 経済産業省「安全保障貿易管理について」に適合すること。
- 実質的に同一の研究課題と思われる課題（ほぼ同等の研究体制・研究テーマの課題や、研究対象のみが異なる課題など）は採択しません。



# スケジュール

- 応募
  - 申込み締切:2022年1月6日(木)17:00(厳守)
  - 2022年3月中旬までに結果通知
- 研究実施
  - 開始:2022年4月1日(金)
  - 第14回JHPCN シンポジウム(研究内容紹介):2022年7月上旬
  - 中間報告書:2022年10月中旬
  - 共同研究期間終了:2023年3月31日(金)
  - 最終報告:2023年5月中旬
  - 第15回JHPCN シンポジウム(研究成果報告):2023年7月上旬
- 中間報告書(2ページ程度), 最終報告書提出は必須
- シンポジウム発表は必須(2020・2021年度は完全オンライン)

- JHPCNの概要
  - **東大情報基盤センターのスパコン概要**
  - Wisteria/BDEC-01
  - Oakbridge-CX
  - Ipomoea-01
  - h3-Open-BDEC
- 
- 利用事例
  - JHPCN利用申込み

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 (OFF) (JCAHC)  
Fujitsu, Intel Xeon Phi  
25.0 PFLOPS, 8.51 PB/sec.

OFF-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.

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.

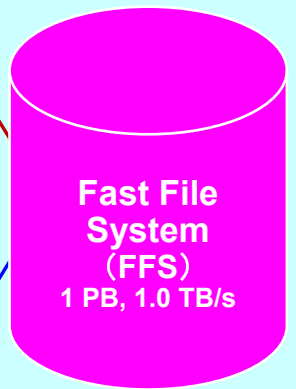
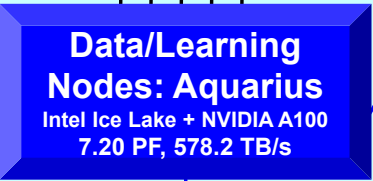
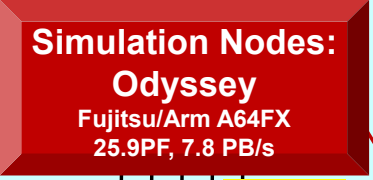
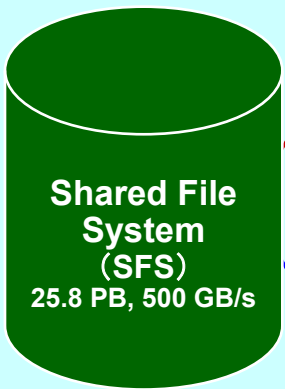
東京大学情報基盤  
センターのスパコン  
利用者2,600+名  
55%は学外

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.



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



2.0 TB/s

800 Gbps

External Resources



External Network



External Resources



Wisteria BDEC-01

Simulation Nodes  
(Odyssey)



Wisteria BDEC-01

Data/Learning Nodes  
(Aquarius)



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

### 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(予定)
- 東大ITC初のGPUクラスタ, 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(予定)
- 25 PF, #39 in 58<sup>th</sup> TOP 500 (November 2021)

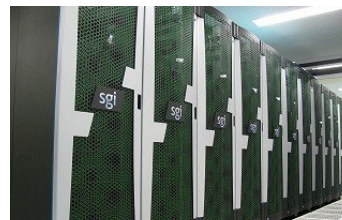
### Oakbridge-CX (OBCX) (Fujitsu, Intel Xeon CLX)

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



### Wisteria/BDEC-01 (Fujitsu)

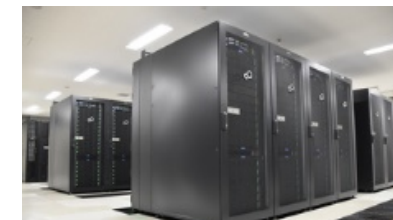
- シミュレーションノード群 (Odyssey) : A64FX (#17)
- データ・学習ノード群 (Aquarius) : Intel Icelake+NVIDIA A100 (#106)
- 33.1 PF, 2021年5月14日運用開始
- 「計算・データ・学習 (S+D+L)」融合のためのプラットフォーム
- 革新的ソフトウェア基盤「h3-Open-BDEC」  
(科研費基盤 (S) 2019年度～2023年度)



Reedbush



Oakforest-PACS

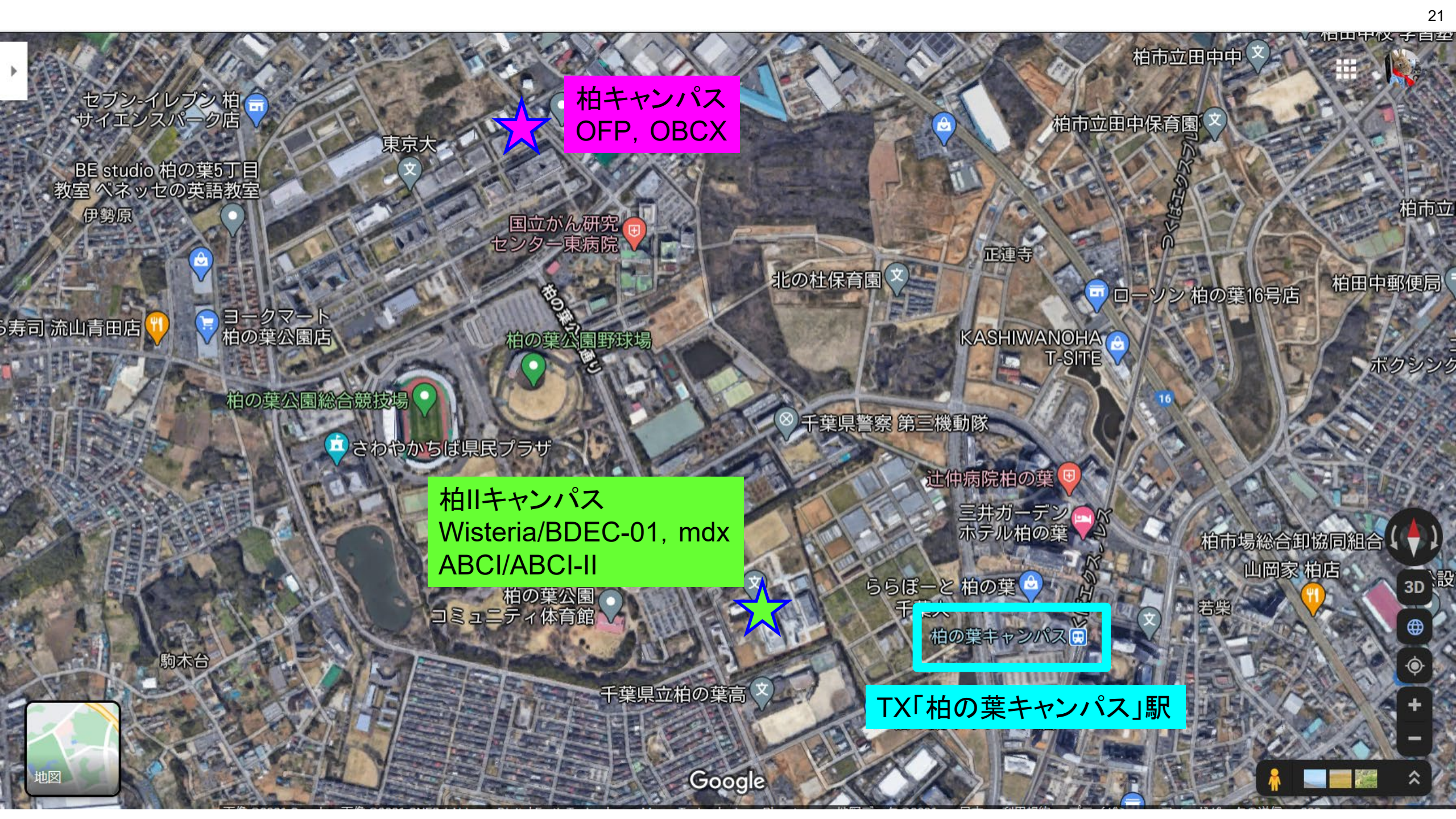


Oakbridge-CX

柏キャンパス  
OFP, OBCX

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

TX「柏の葉キャンパス」駅



# 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
Oakforest-PACS	39	65	23	-	-
Oakbridge-CX	110	62	71	-	-
<b>Wisteria/BDEC-01 (Odyssey)</b>	<b>17</b>	<b>27</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>9</b>
<b>Wisteria/BDEC-01 (Aquarius)</b>	<b>106</b>	<b>15</b>	<b>58</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

# 各種ベンチマーク(1/2)

- TOP 500 (Linpack, HPL)
  - 連立一次方程式ソルバー(直接法), 計算速度(FLOPS値)
  - 規則的な密行列: 連続メモリアクセス
  - 計算性能
- HPCG
  - 連立一次方程式ソルバー(反復法), 計算速度(FLOPS値)
  - 有限要素法から得られる疎行列(ゼロが多い)
    - 不連続メモリアクセス
    - 実アプリケーションに近い
  - メモリアクセス性能, 通信性能
- Green 500
  - HPL (TOP500) 実行時のFLOPS/W値

# 58<sup>th</sup> TOP500 List (Nov., 2021)

$R_{\max}$ : Performance of Linpack (TFLOPS)

<http://www.top500.org/>

$R_{\text{peak}}$ : Peak Performance (TFLOPS), Power: kW

	Site, Year	Computer, Vendor	Cores	$R_{\max}$ (TFLOPS)	$R_{\text{peak}}$ (TFLOPS)	Power (kW)
1	<b><u>Fugaku, 2020, Japan</u></b> R-CCS, RIKEN	Fujitsu PRIMEHPC FX1000, Fujitsu A64FX 48C 2.2GHz, Tofu-D	7,630,848	442,010 (= 442.0 PF)	537,212.0	<b>29,899</b>
2	<b><u>Summit, 2018, USA</u></b> DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory	IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.07GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR InfiniBand	2,414,592	148,600	200,795	<b>10,096</b>
3	<b><u>Sierra, 2018, USA</u></b> DOE/NNSA/LLNL	IBM Power System S922LC, IBM POWER9 22C 3.1GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR InfiniBand	1,572,480	94,640	125,712	<b>7,438</b>
4	<b><u>Sunway TaihuLight, 2016, China</u></b> National Supercomputing Center in Wuxi	Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway	10,649,600	93,015	125,436	<b>15,371</b>
5	<b><u>Perlmutter, 2021, USA</u></b> DOE/NERSC/LBNL	HPE Cray EX235n, AMD EPYC 7763 64C 2.45GHz, NVIDIA A100 SXM4 40 GB, Slingshot-10	761,856	70,870	94,750	<b>2,589</b>
6	<b><u>Selene, 2020, USA</u></b> NVIDIA	NVIDIA DGX A100 SuperPOD, AMD EPYC 7742 64C 2.25GHz, NVIDIA GA100, Mellanox Infiniband HDR	555,520	63,460	79,215.0	<b>2,646</b>
7	<b><u>Tianhe-2A, 2018, China</u></b> National Super Computer Center in Guangzhou	TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692v2 12C 2.2GHz, TH Express-2, Matrix-2000	4,981,760	61,445	100,679	<b>18,482</b>
8	<b><u>JUWELS Booster Module, 2020, Germany</u></b> Julich (FZJ)	Bull Sequana XH2000, AMD EPYC 7402 24c 2.8GHz, NVIDIA A100, Mellanox InfiniBand HDR	449,280	44,120	70,980	<b>1,764</b>
9	<b><u>HPC5, 2020, Italy</u></b> Eni S.p.A.	Dell C4140, Xeon Gold 6252 24c 2.1GHz, NVIDIA Volta GV100, Mellanox InfiniBand HDR	669,760	35,450	51,720	<b>2,252</b>
10	<b><u>Voyager-EUS2, 2021, USA</u></b> Azure East US 2	ND96amsr_A100_v4, AMD EPYC 7V12 48C 2.45GHz, NVIDIA A100 80GB, Mellanox HDR Infiniband	253,440	30,050	39,531	
16	<b><u>ABCI 2.0, 2021, Japan</u></b> AIST	Fujitsu PRIMERGY GX2570 M6, Xeon Platinum 8360Y 36C 2.4GHz, NVIDIA A100 SXM4 40 GB, InfiniBand HDR	504,000	22,208	54,341	<b>1,600</b>
17	<b><u>Wisteria/BDEC-01 (Odyssey), 2021, Japan</u></b> ITC, University of Tokyo	Fujitsu PRIMEHPC FX1000, A64FX 48C 2.2GHz, Tofu interconnect D	368,640	22,121	25,952	<b>1,468</b>



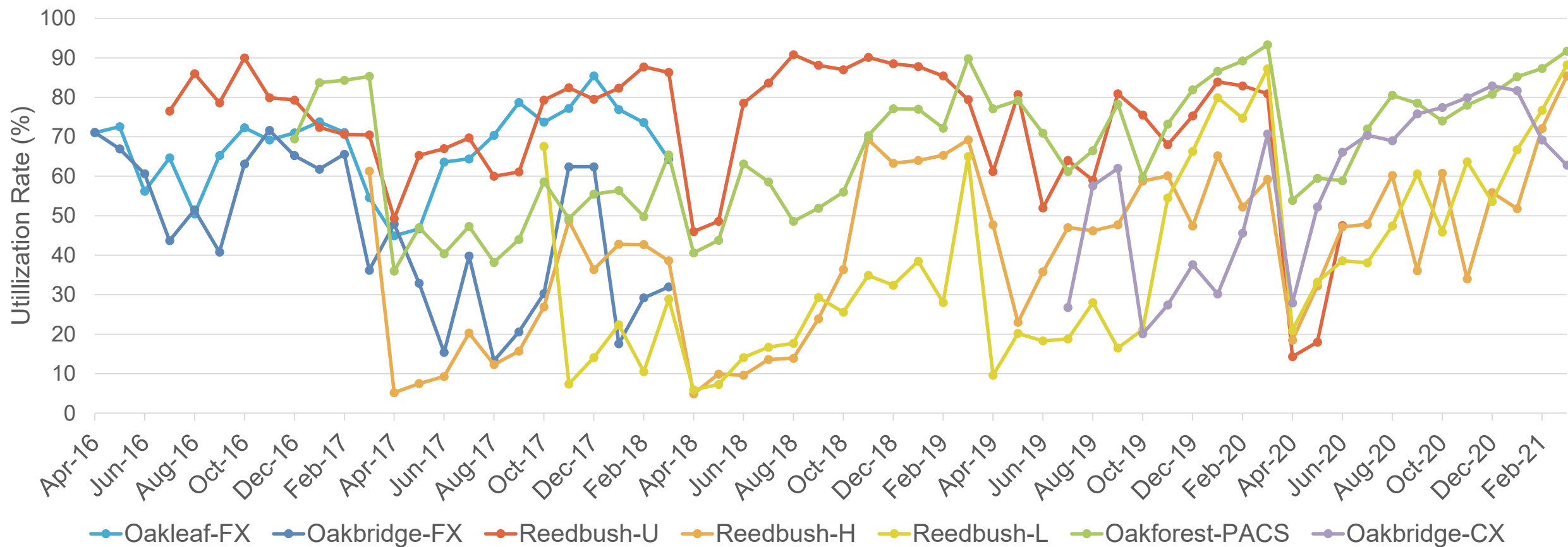
# 各種ベンチマーク(2/2)

- Graph 500 BFS
  - グラフ処理におけるデータ処理効率
  - BFS (Breadth-First-Search, 幅優先探索)
- HPL-AI
  - AI・機械学習向けHPL (for TOP500)
  - 科学技術計算(HPL) ⇒ 倍精度演算 (FP64)
  - HPL-AI ⇒ 低精度演算を含む混合精度演算

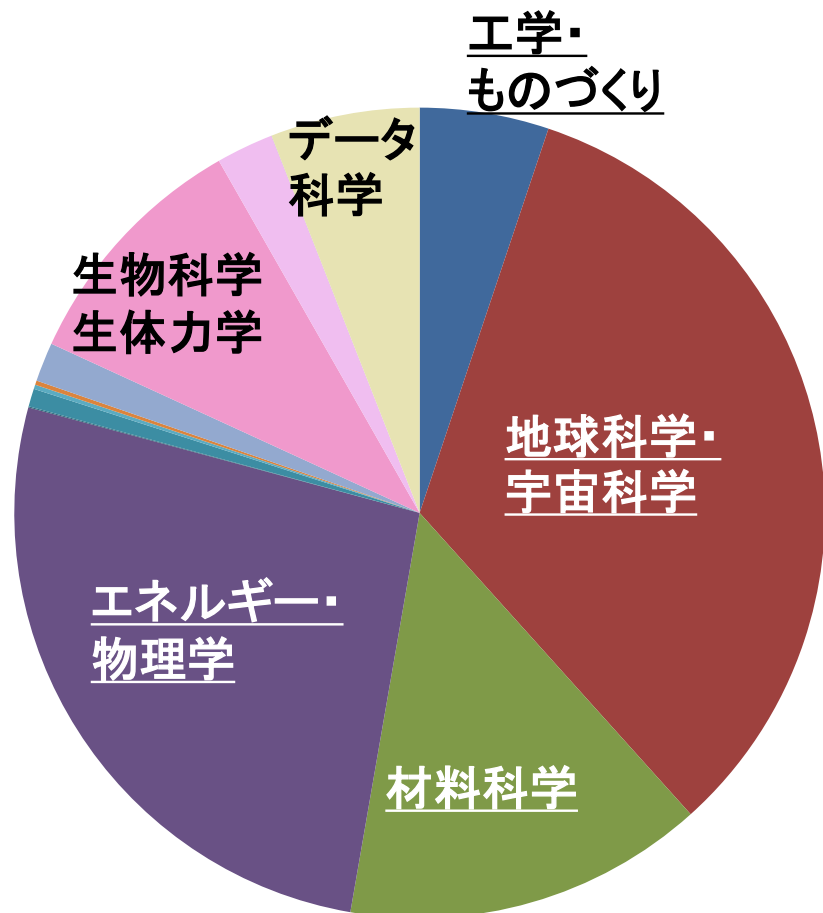
# GFLOPS (ピーク性能) 当たり利用負担 (円) : 電気代 GFLOPS/W (Green 500)

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
<b>Wisteria-Odyssey (Fujitsu/Arm A64FX)</b>	17.8	15.069
<b>Wisteria-Aquarius (Intel Xeon Ice Lake + NVIDIA A100x8)</b>	9.00	24.058

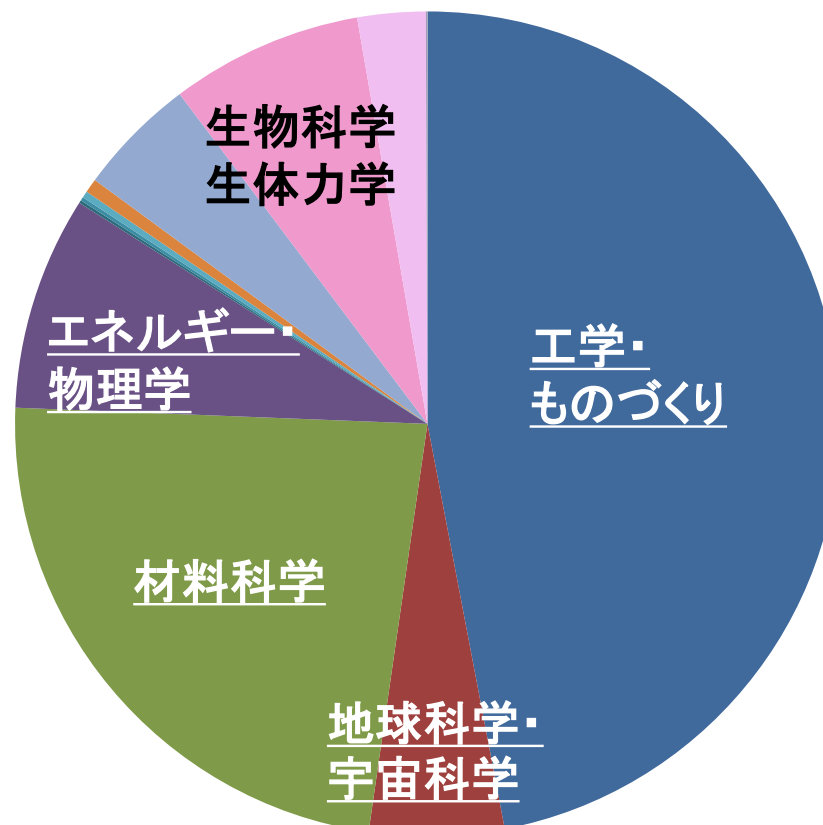
# 各システムの月平均利用率履歴



# 研究分野別利用CPU時間割合(2020年度)



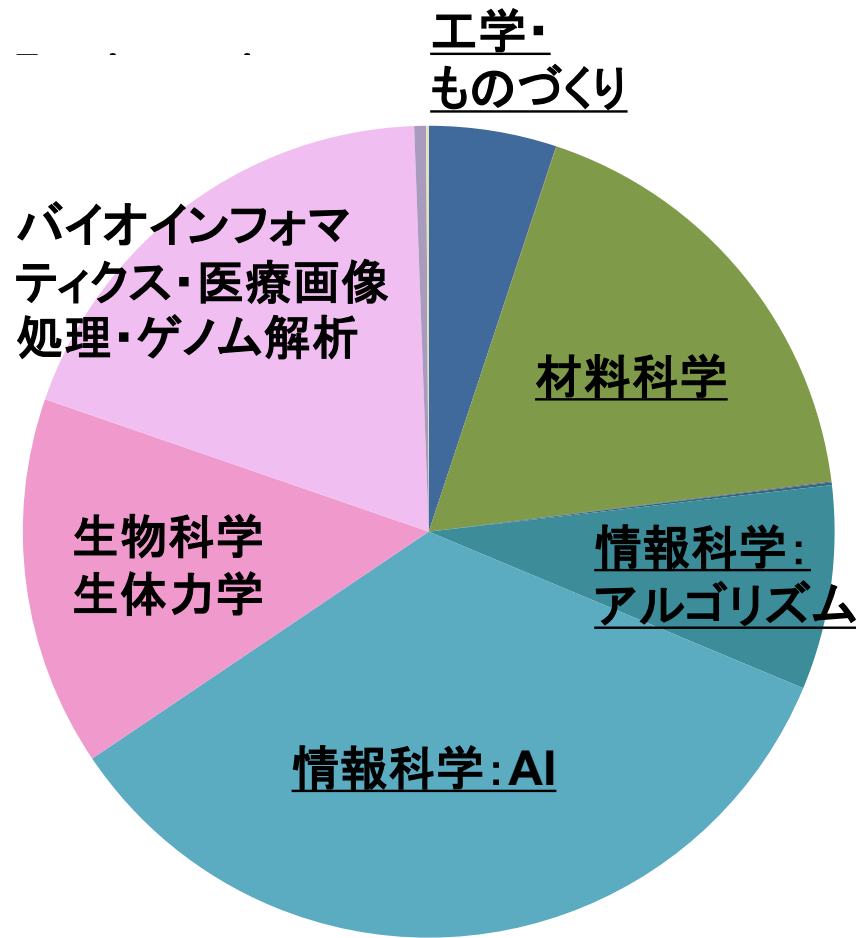
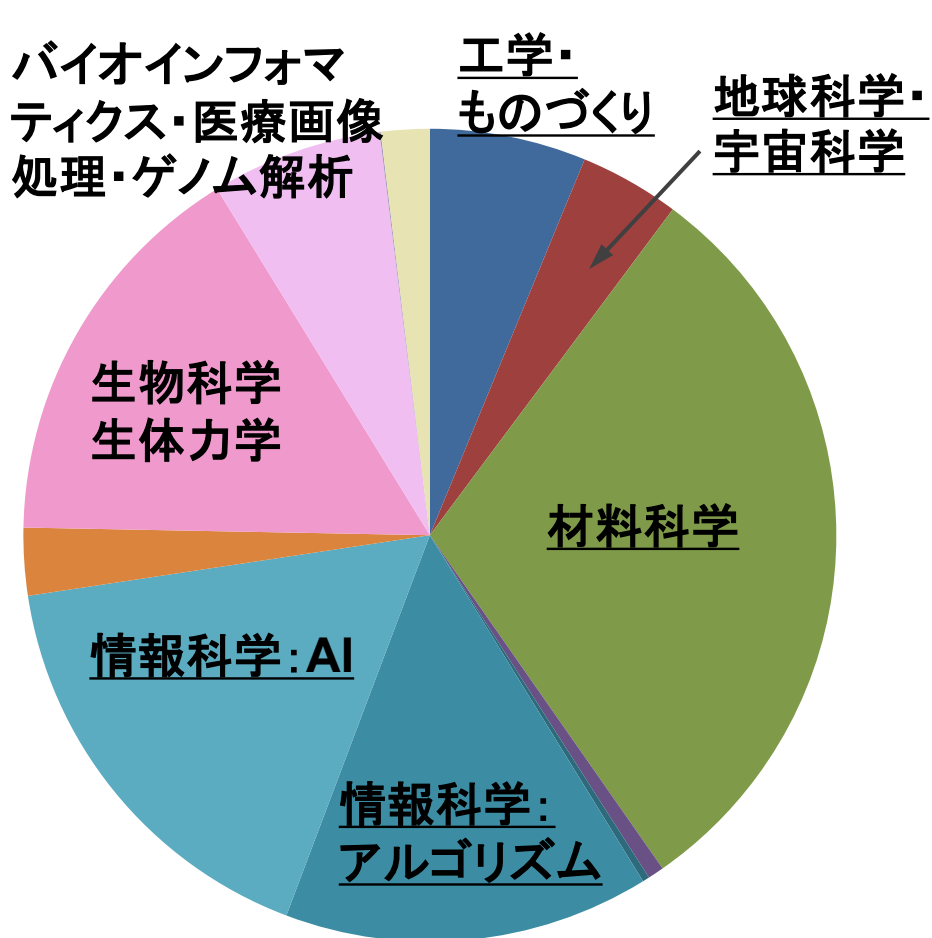
メニィコアクラスタ  
Intel Xeon Phi  
(Oakforest-PACS)



マルチコアクラスタ  
Intel CLX  
(Oakbridge-CX)

- 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

# 研究分野別利用CPU時間割合(2020年度)

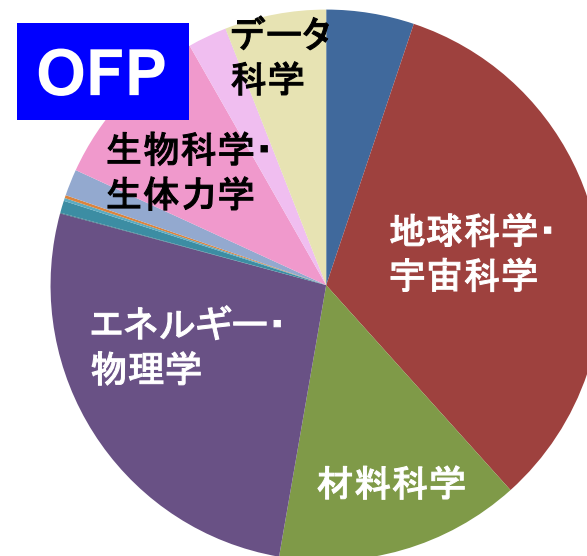
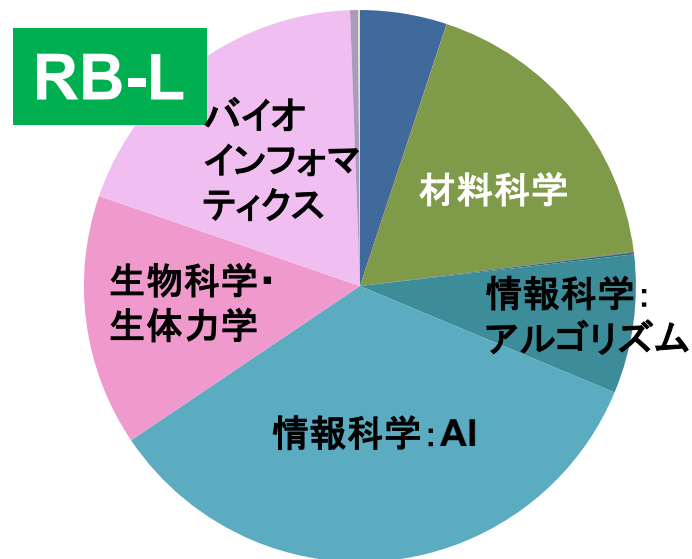
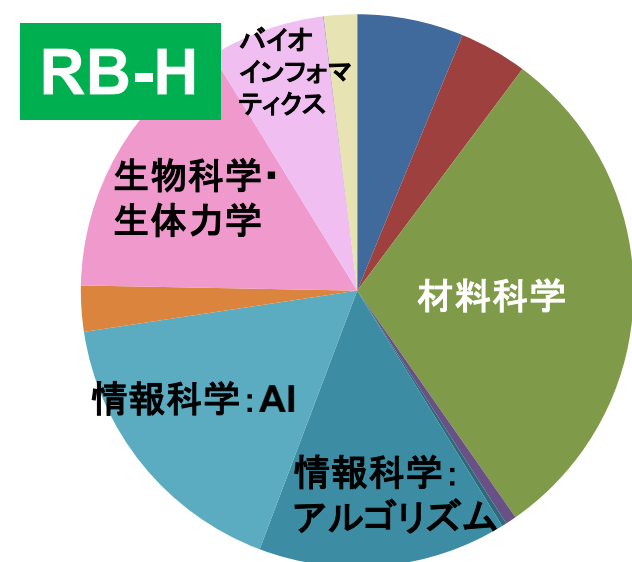


- 工学・ものづくり
- 地球科学・宇宙科学
- 材料科学
- エネルギー・物理学
- 情報科学: システム
- 情報科学: アルゴリズム
- 情報科学: AI
- 教育
- 産業利用
- 生物科学・生体力学
- バイオインフォマティクス
- 社会科学・経済学
- データ科学・データ同化

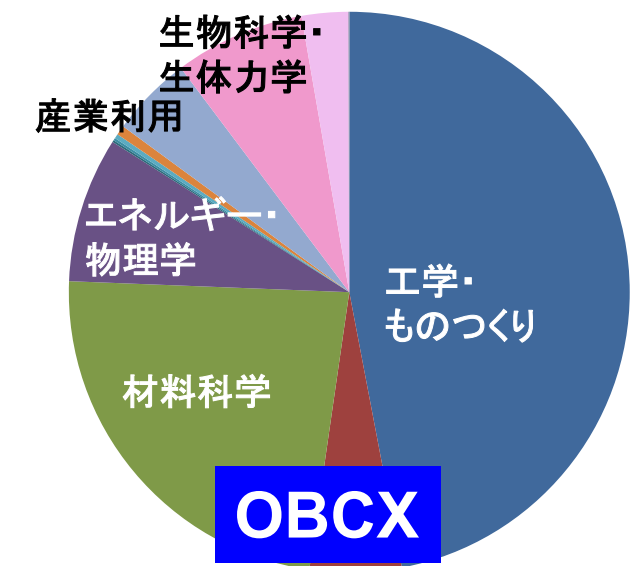
GPUクラスタ (2GPUs/node)  
Intel BDW + NVIDIA P100  
(Reedbush-H)

GPUクラスタ (4GPUs/node)  
Intel BDW + NVIDIA P100  
(Reedbush-L)

# 2020年度分野別 ■汎用CPU, ■GPU

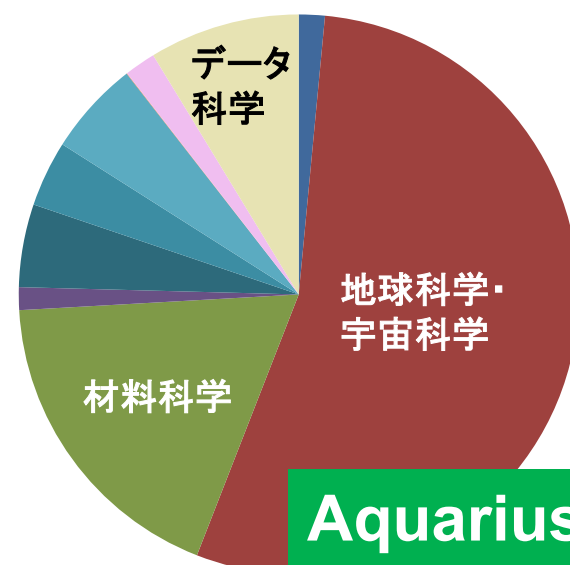
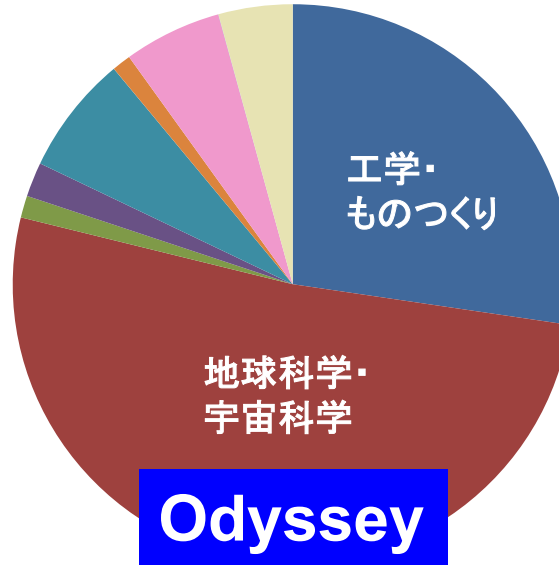
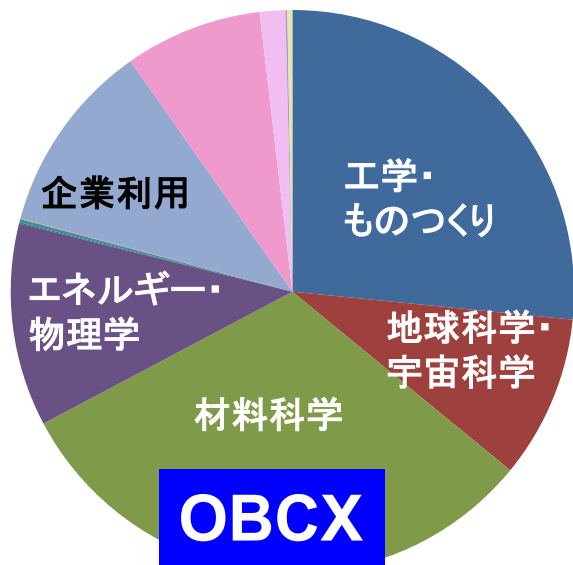
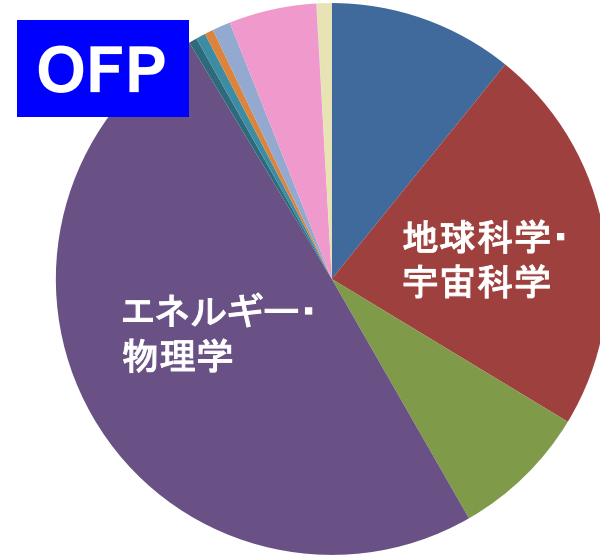
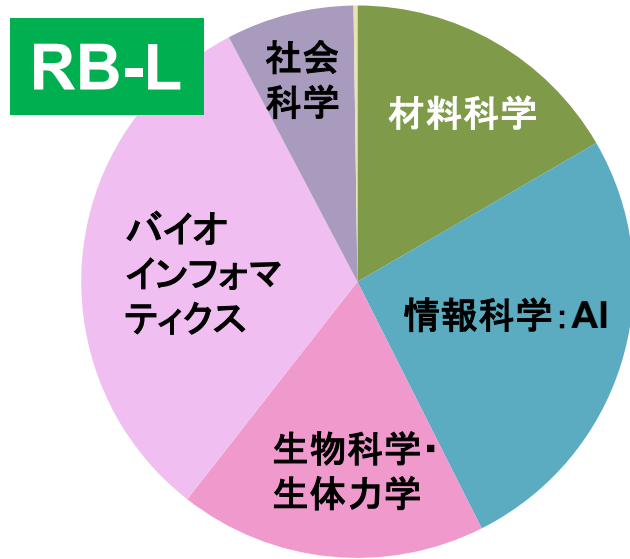
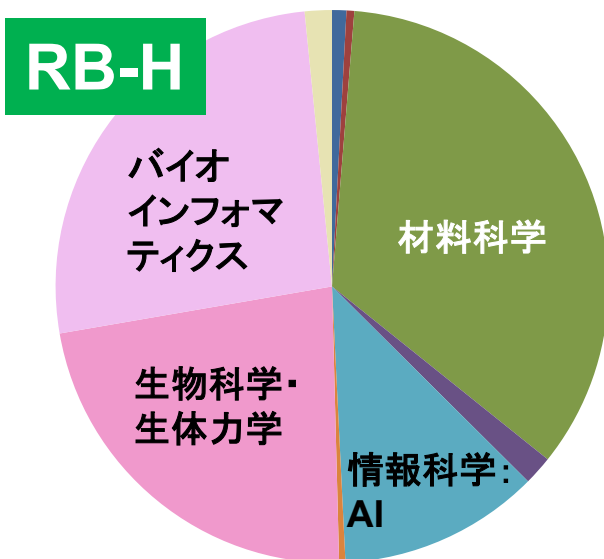


- 工学・ものづくり
- 地球科学・宇宙科学
- 材料科学
- エネルギー・物理学
- 情報科学:システム
- 情報科学:アルゴリズム
- 情報科学:AI
- 教育
- 産業利用
- 生物科学・生体力学
- バイオインフォマティクス
- 社会科学・経済学
- データ科学・データ同化



# 本年度分野別(9月末時点) ■汎用CPU, ■GPU

Odyssey, Aquariusは8月・9月分

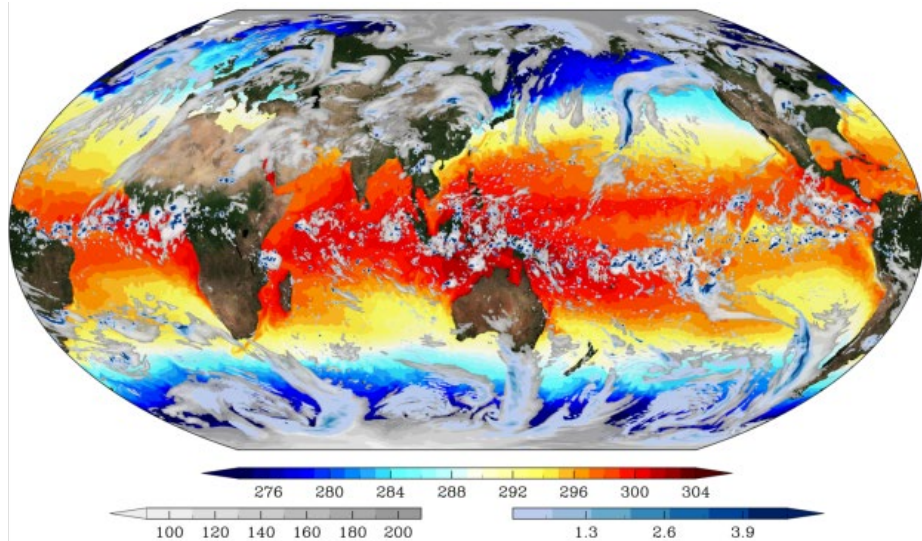


- 工学・ものづくり
- 地球科学・宇宙科学
- 材料科学
- エネルギー・物理学
- 情報科学: システム
- 情報科学: アルゴリズム
- 情報科学: AI
- 教育
- 産業利用
- 生物科学・生体力学
- バイオインフォマティクス
- 社会科学・経済学
- データ科学・データ同化

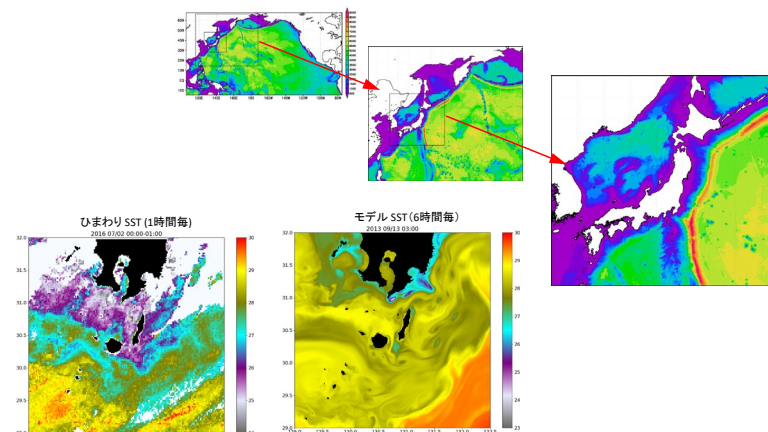
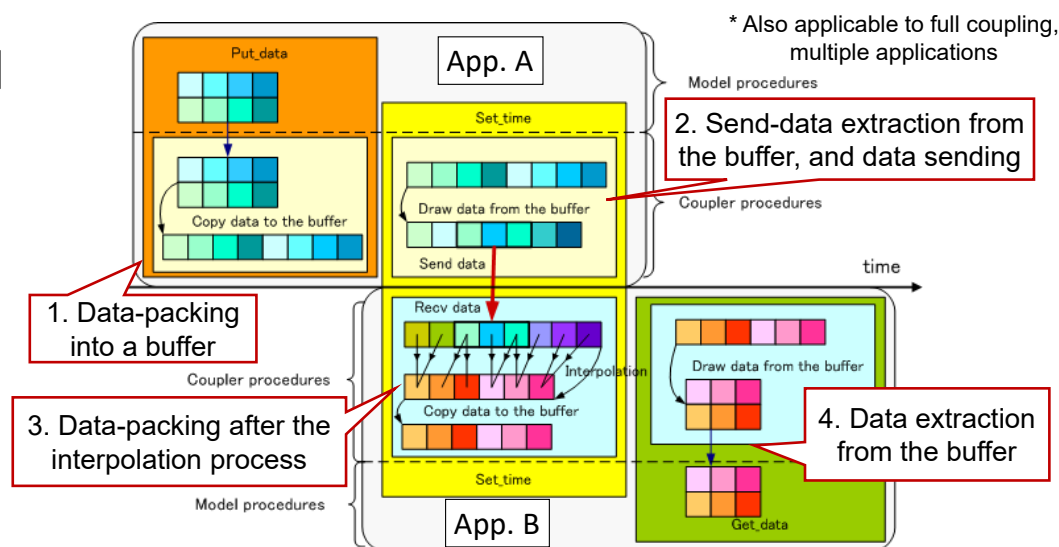
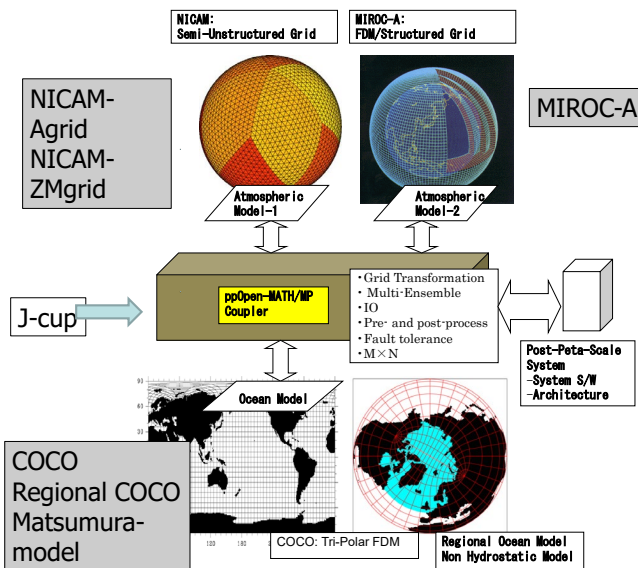
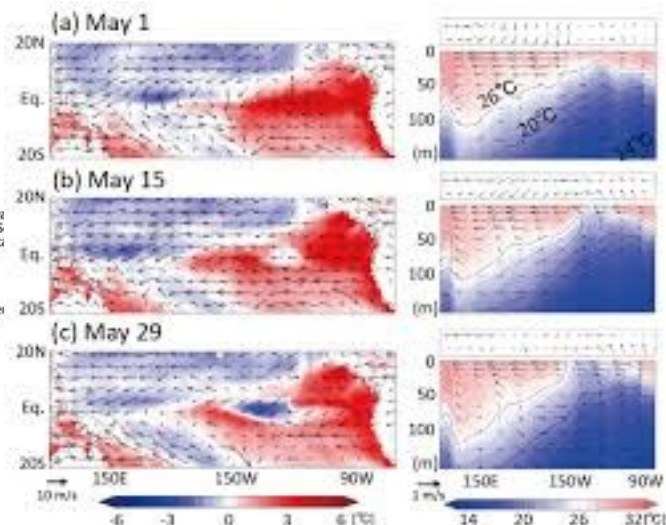
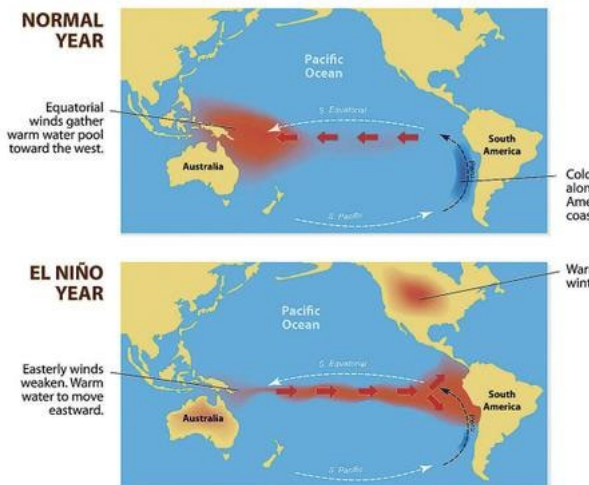
地球科学・宇宙科学分野ではOFP ⇒ Wisteria/BDEC-01への移行が順調に進んでいる

# 全地球大気環境シミュレーション

## 東大大気海洋研究所, 東大理学系研究科等



### THE EL NIÑO PHENOMENON



[画像提供: 佐藤正樹教授・羽角博康教授(東大・大気海洋研)]

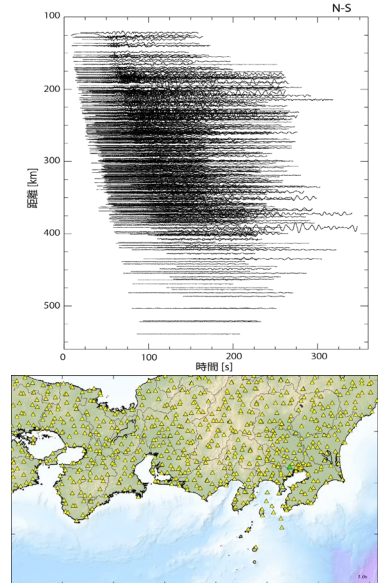


# 地震シミュレーション・地殻変動

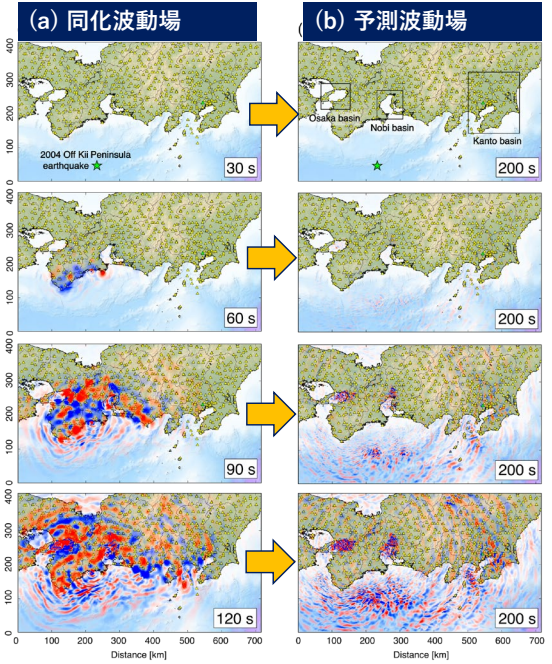
## 東大地震研究所, 東大理学系研究科等

〔画像提供: 古村孝志教授・市村強教授(東大・地震研)〕

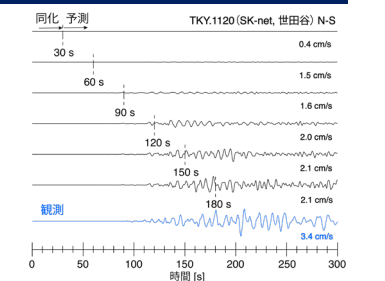
○ 使用データ(K-NET, KiK-net 446点)



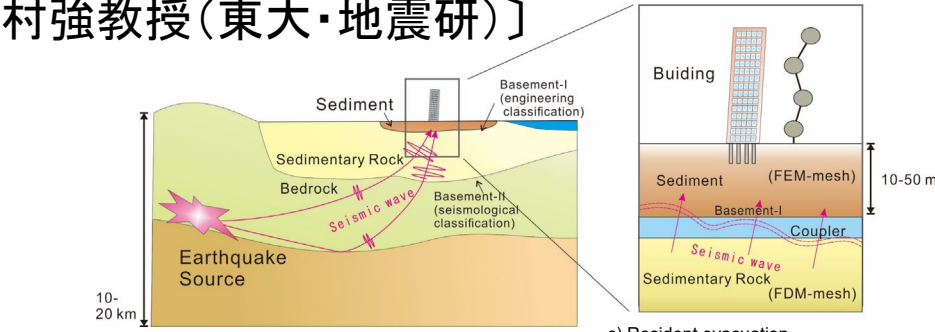
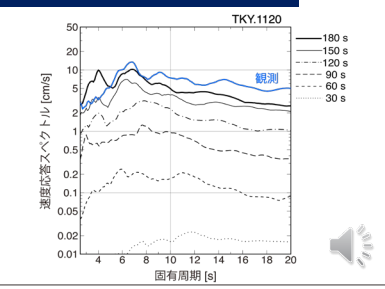
90秒間の同化→予測計算



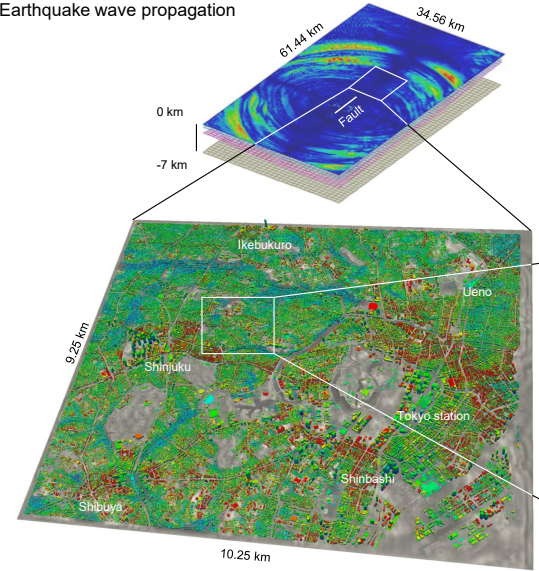
都心の長周期地震動予測結果



応答スペクトル予測結果



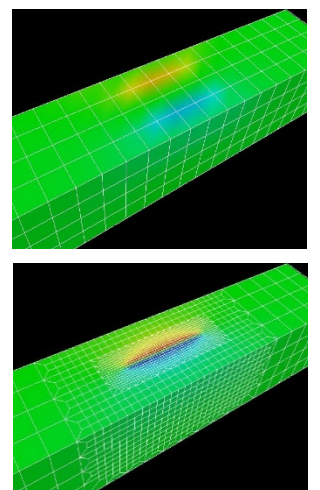
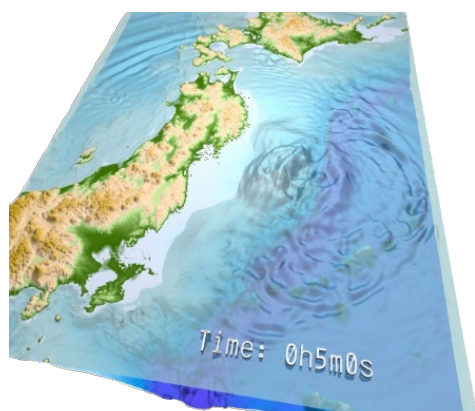
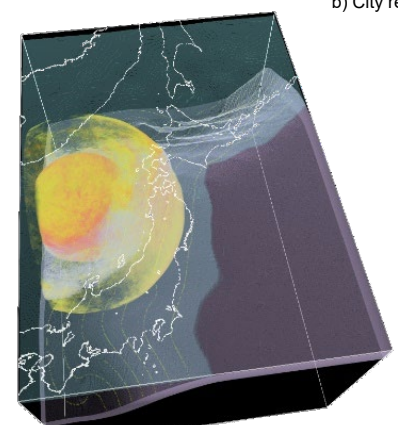
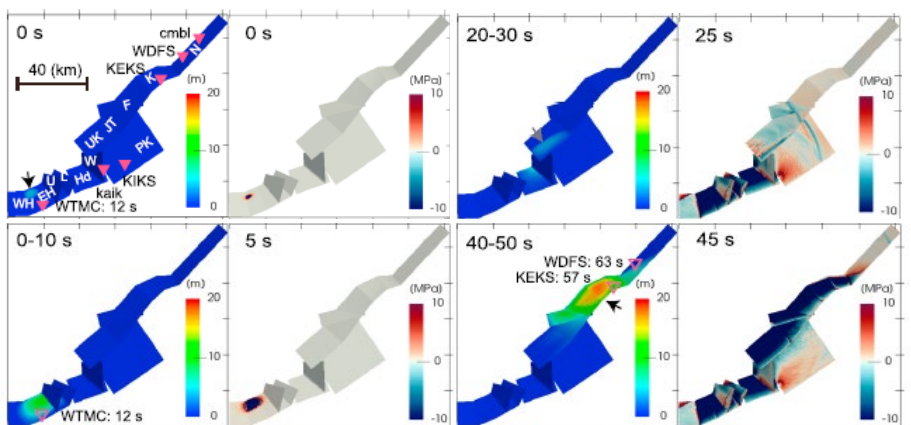
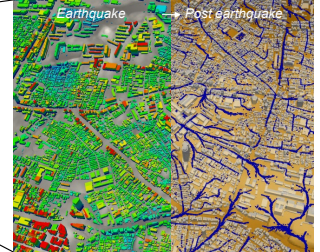
a) Earthquake wave propagation



b) City response simulation



c) Resident evacuation



〔画像提供: 安藤亮輔准教授(東大・理学系)〕

# 二酸化炭素地下貯留シミュレーション

## 大成建設, 理化学研究所等

[画像提供:  
山本肇博士(大成建設)]

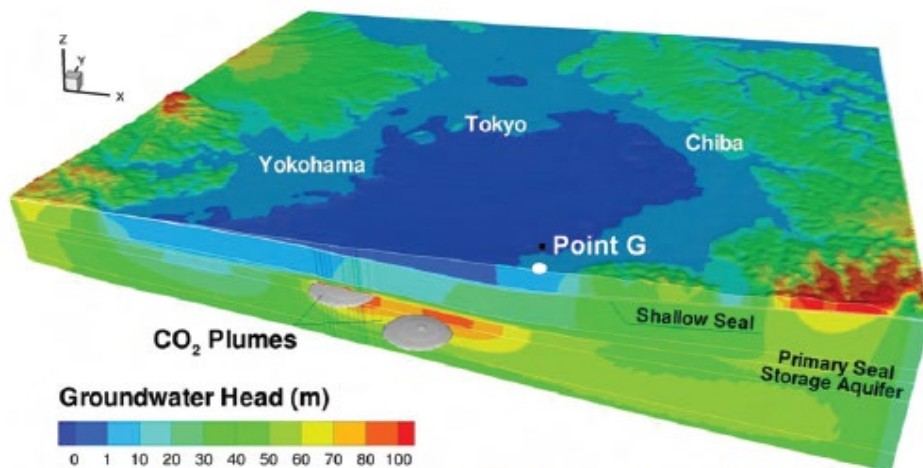
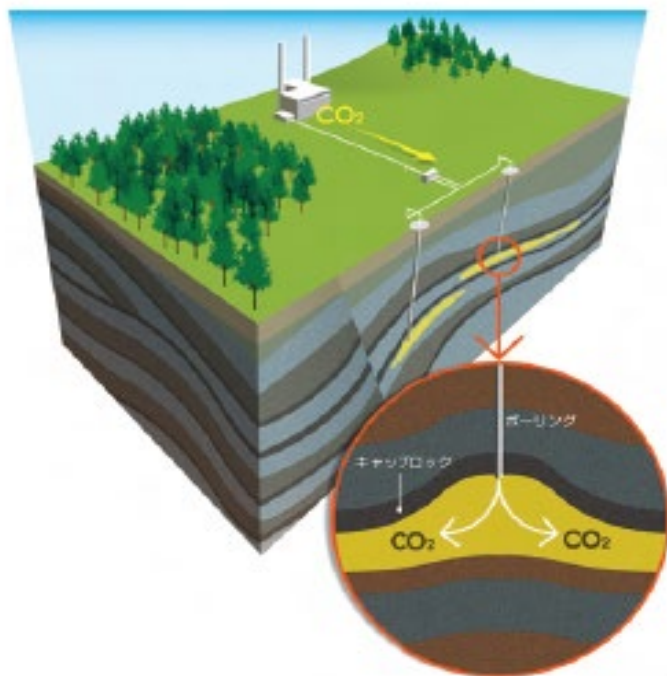
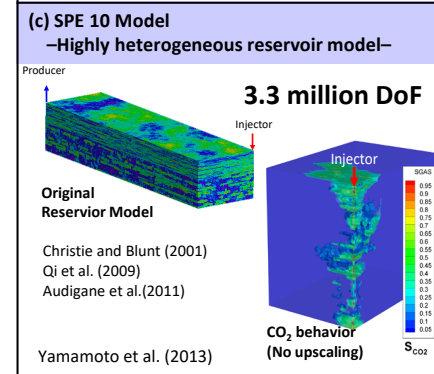
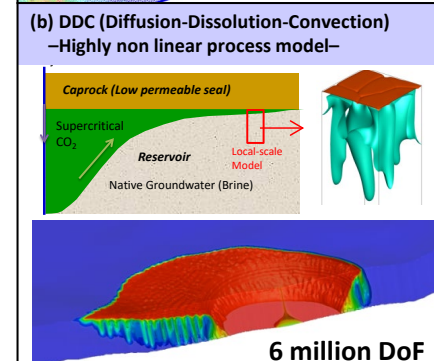
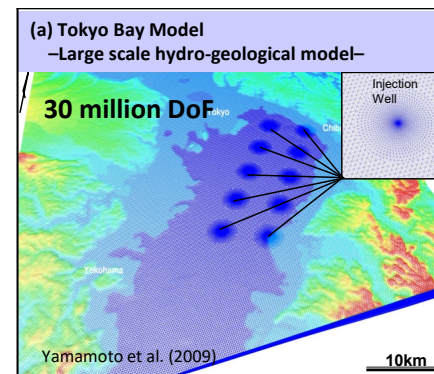
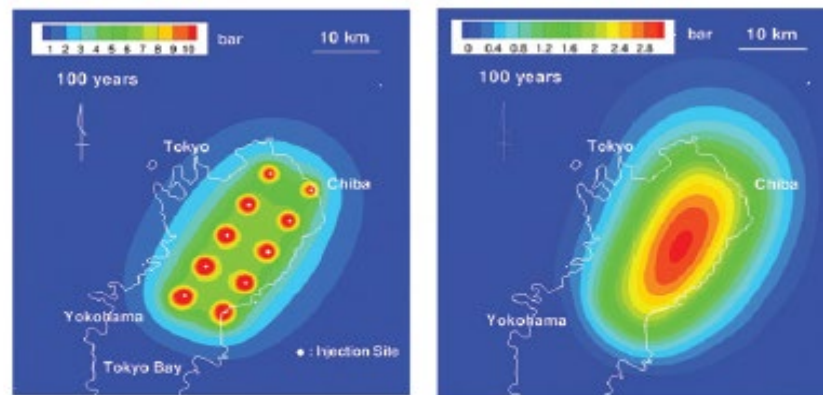
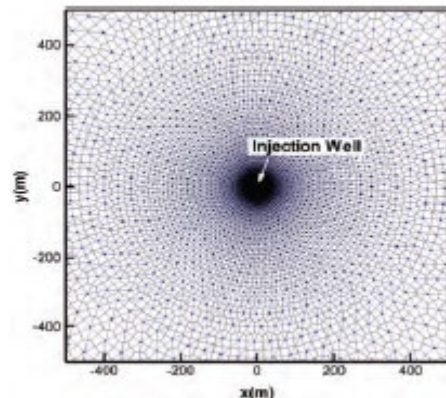
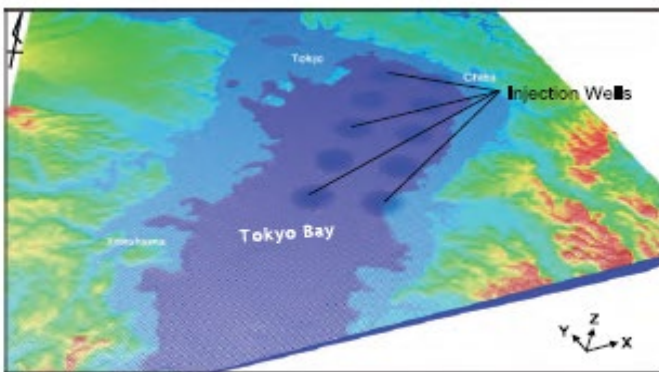


図-4 CO<sub>2</sub> 圧入後の地下水圧 (全水頭換算) の分布 (100 年後)

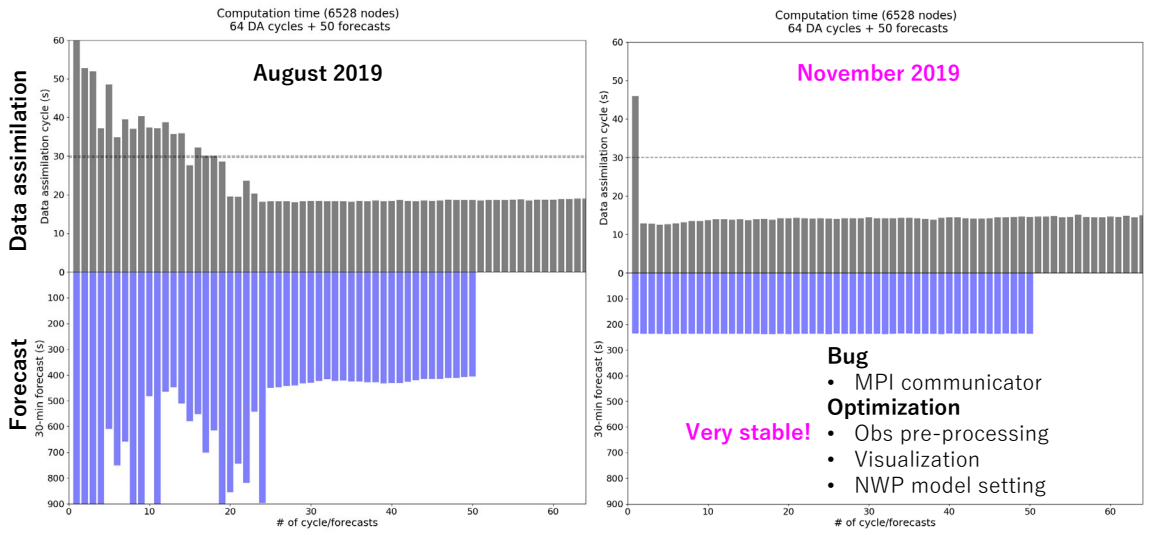
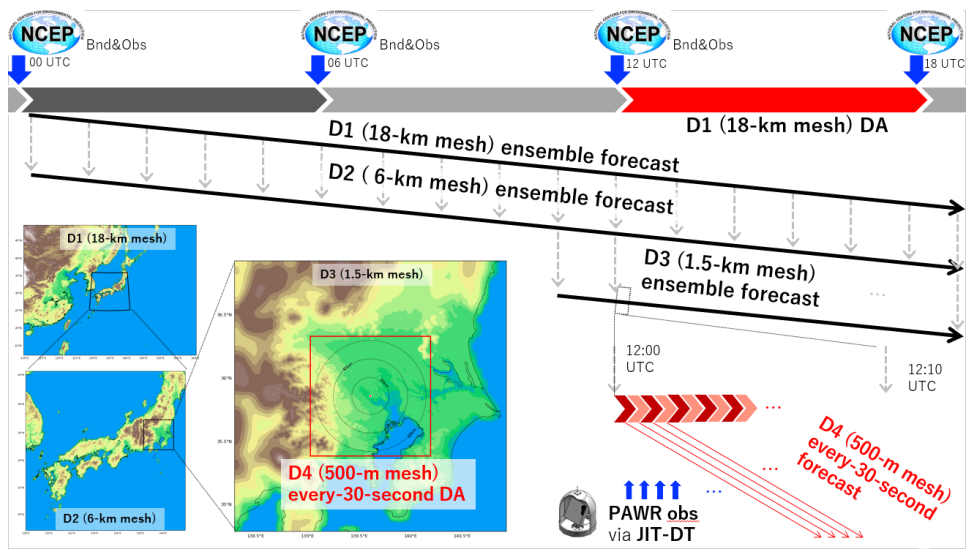


※DOF: degrees of freedom



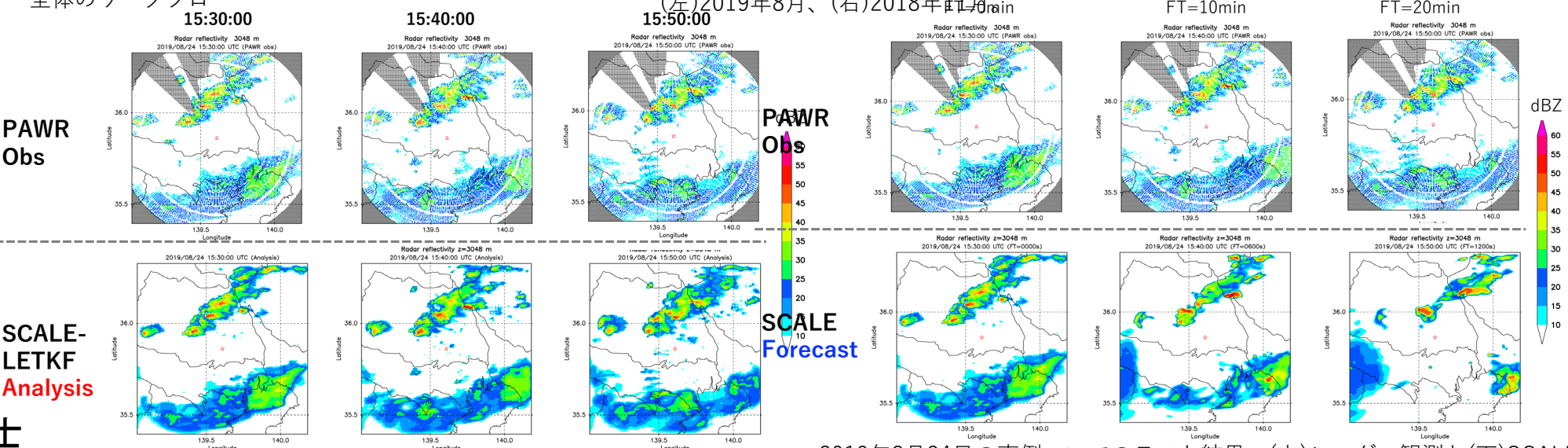
(a) 深部遮蔽層下面 (b) 浅部遮蔽層下面  
図-5 圧力上昇量の平面分布 (初期状態からの増分、圧入開始から 100 年後)

# ゲリラ豪雨予測のリアルタイム実証実験 (理化学研究所)



全体のワークフロー

計算性能の向上。上段はデータ同化、下段は30分予報にかかった時間(秒)。(左)2019年8月、(右)2018年11月



〔画像提供: 三好建正博士 (理化学研究所)〕

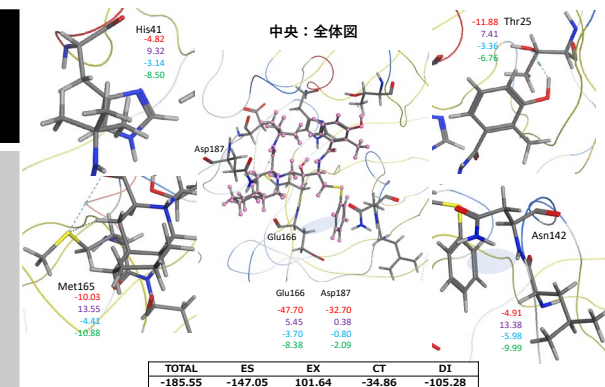
2019年8月24日の事例についてのテスト結果。(上)レーダー観測と(下)SCALE-LETKFによる解析で得られたレーダー反射強度(dBS)を示す。

# 「COVID-19」対応HPCI臨時公募課題

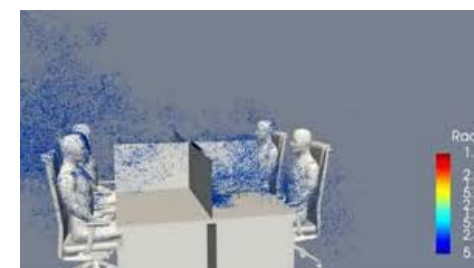
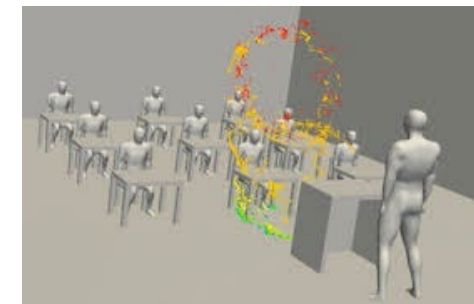
## 全14のうち6課題が東大システムを利用(2020年度)



課題名	代表者(所属)	使用システム
新型コロナウイルスの主要プロテアーゼに関するフラグメント分子軌道計算	望月 祐志 (立教大学)	Oakforest PACS
COVID-19治療の候補薬: chloroquine、hydroxychloroquine、azithromycinの催不整脈リスクの評価ならびにその低減策に関する研究	久田 俊明(株式会社UT-Heart研究所 / 東大)	
新型コロナウイルス表面のタンパク質動的構造予測	杉田 有治 (理化学研究所)	
計算機解析によるSARS-CoV-2増殖阻害化合物の探索	星野 忠次 (千葉大学)	Oakbridge CX
室内環境におけるウイルス飛沫感染の予測とその対策: 富岳大規模解析に向けたケーススタディ	坪倉 誠 (神戸大学)	
Spreading of polydisperse droplets in a turbulent puff of saturated exhaled air	Marco Edoardo Rosti (OIST)	



資料提供: 望月祐志教授(立教大学)



資料提供: 坪倉誠教授(神戸大学)

# YouTubeチャンネルのご紹介

研究事例紹介や、セミナー・講習会の録画などをご覧になれます。

- 「東京大学情報基盤センター」チャンネル

<https://www.youtube.com/channel/UC2CHaGp1AO-vqRIV7wmU0-w>

- Wisteria/BDEC-01システム紹介

[https://www.youtube.com/watch?v=SXjYtatz0-4&list=PLobjSv\\_ny85IW03OAPUJ9DWJoHhNiQgvY&index=3&t=104s](https://www.youtube.com/watch?v=SXjYtatz0-4&list=PLobjSv_ny85IW03OAPUJ9DWJoHhNiQgvY&index=3&t=104s)

- 第10回JCAHPCセミナー

[https://www.youtube.com/playlist?list=PLobjSv\\_ny85mfPTuCC2i7r\\_sPQYKZvy2e](https://www.youtube.com/playlist?list=PLobjSv_ny85mfPTuCC2i7r_sPQYKZvy2e)

- 柏キャンパス一般公開

[https://www.youtube.com/playlist?list=PLobjSv\\_ny85kr1lg2m-bUiMC2a9W6k53u](https://www.youtube.com/playlist?list=PLobjSv_ny85kr1lg2m-bUiMC2a9W6k53u)  
<https://www.youtube.com/watch?v=q-0QtU7Ops4&t=116s>

- JCAHPCセミナー:「人類と地球を護るスーパーコンピューティング」

[https://www.youtube.com/playlist?list=PLobjSv\\_ny85l-z-VJCy690ZjIAA04xCRA](https://www.youtube.com/playlist?list=PLobjSv_ny85l-z-VJCy690ZjIAA04xCRA)

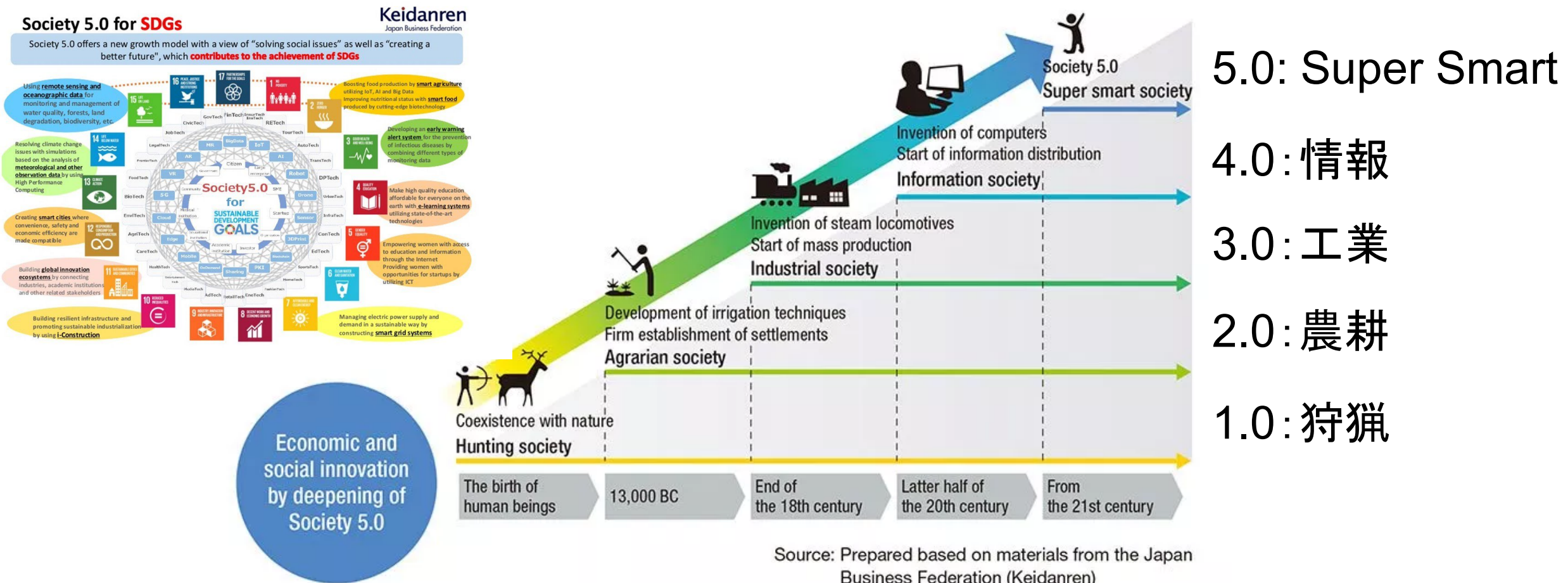
- お試しアカウントつき講習会

[https://www.youtube.com/playlist?list=PLobjSv\\_ny85kXY2Mtnhn1k7pM-epQaD2y](https://www.youtube.com/playlist?list=PLobjSv_ny85kXY2Mtnhn1k7pM-epQaD2y)

- JHPCNの概要
  - 東大情報基盤センターのスパコン概要
  - **Wisteria/BDEC-01**
  - Oakbridge-CX
  - Ipomoea-01
  - h3-Open-BDEC
- 
- 利用事例
  - JHPCN利用申込み

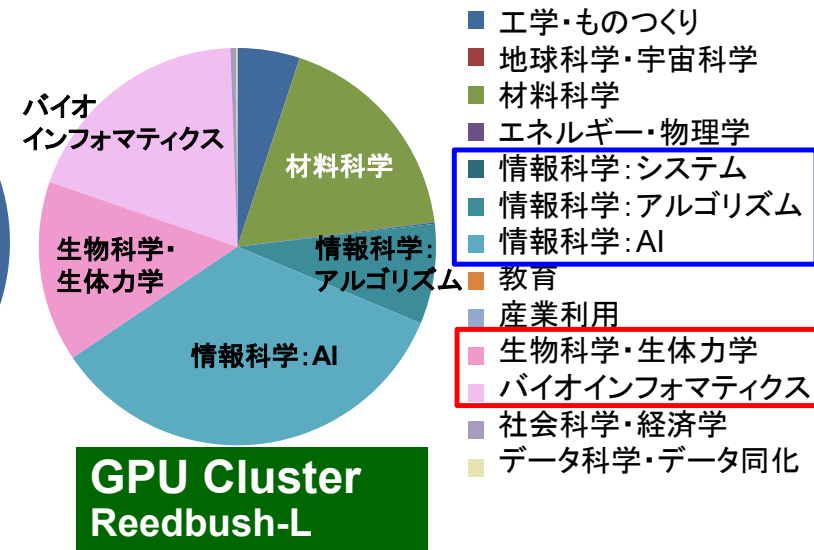
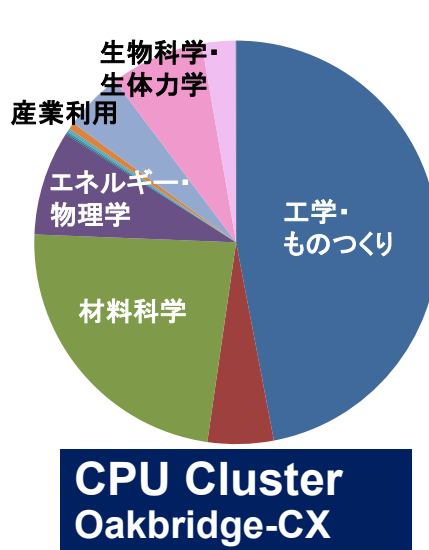
# Society 5.0: 日本が提唱する未来社会のコンセプト

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



# 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

- 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**



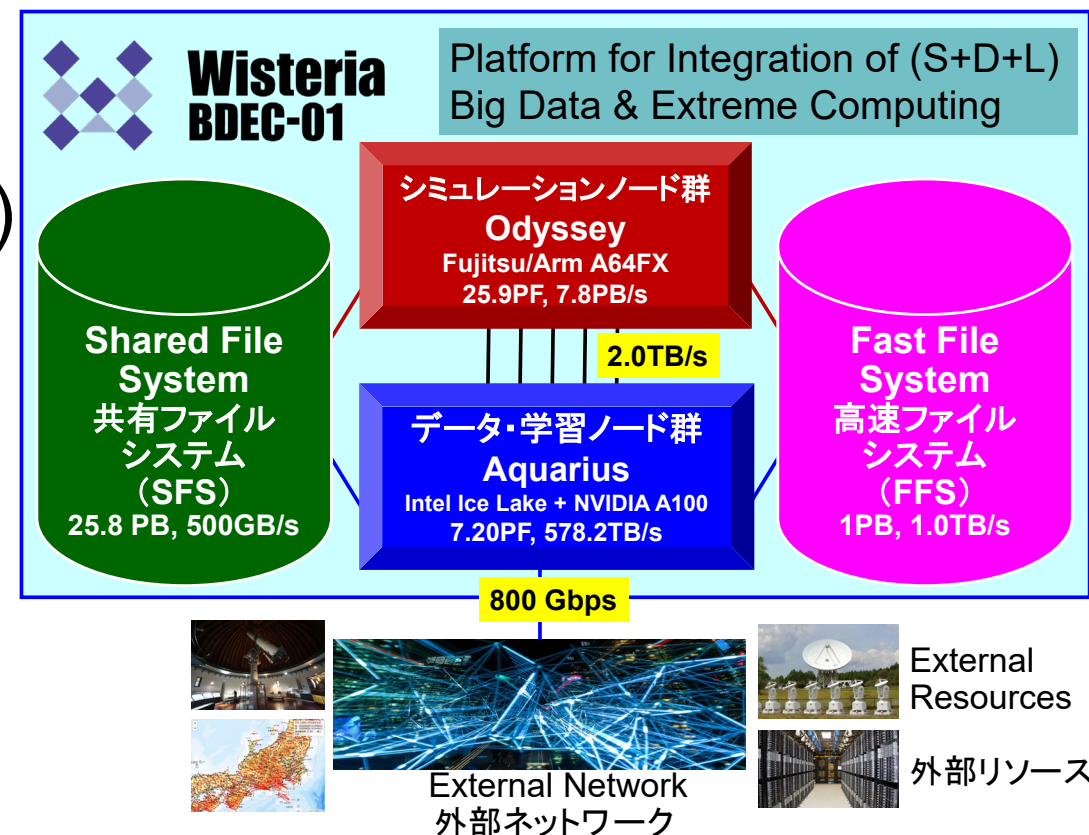
# (シミュレーション(計算)+データ+学習)融合 (S+D+L)

- 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「シミュレーション」
- 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

# 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), ~360m<sup>2</sup>
- 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**

# 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



2.0TB/s

800 Gbps



External Network  
外部ネットワーク

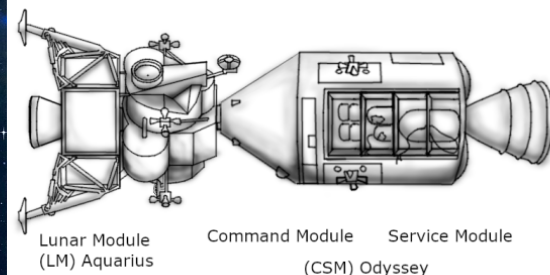


External Resources



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

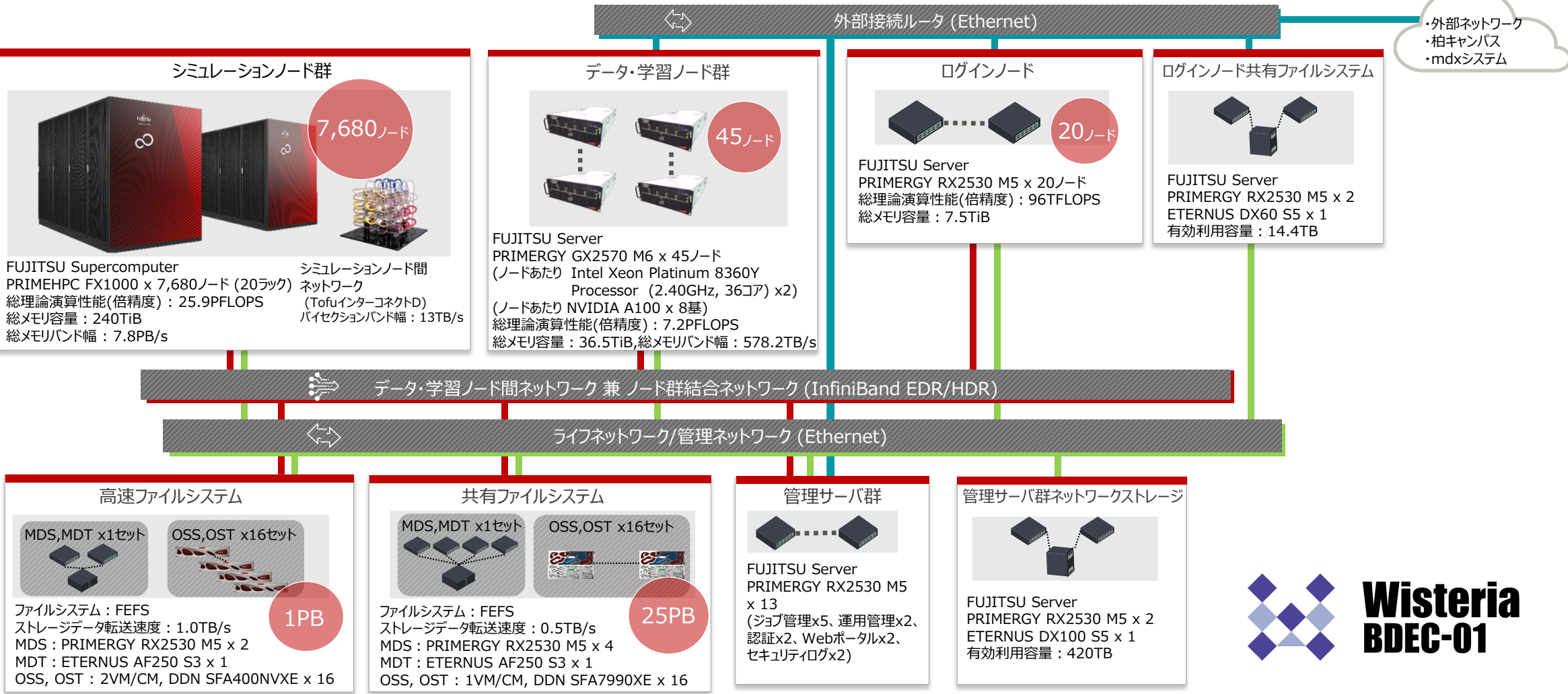


Lunar Module (LM) Aquarius

Command Module Service Module (CSM) Odyssey

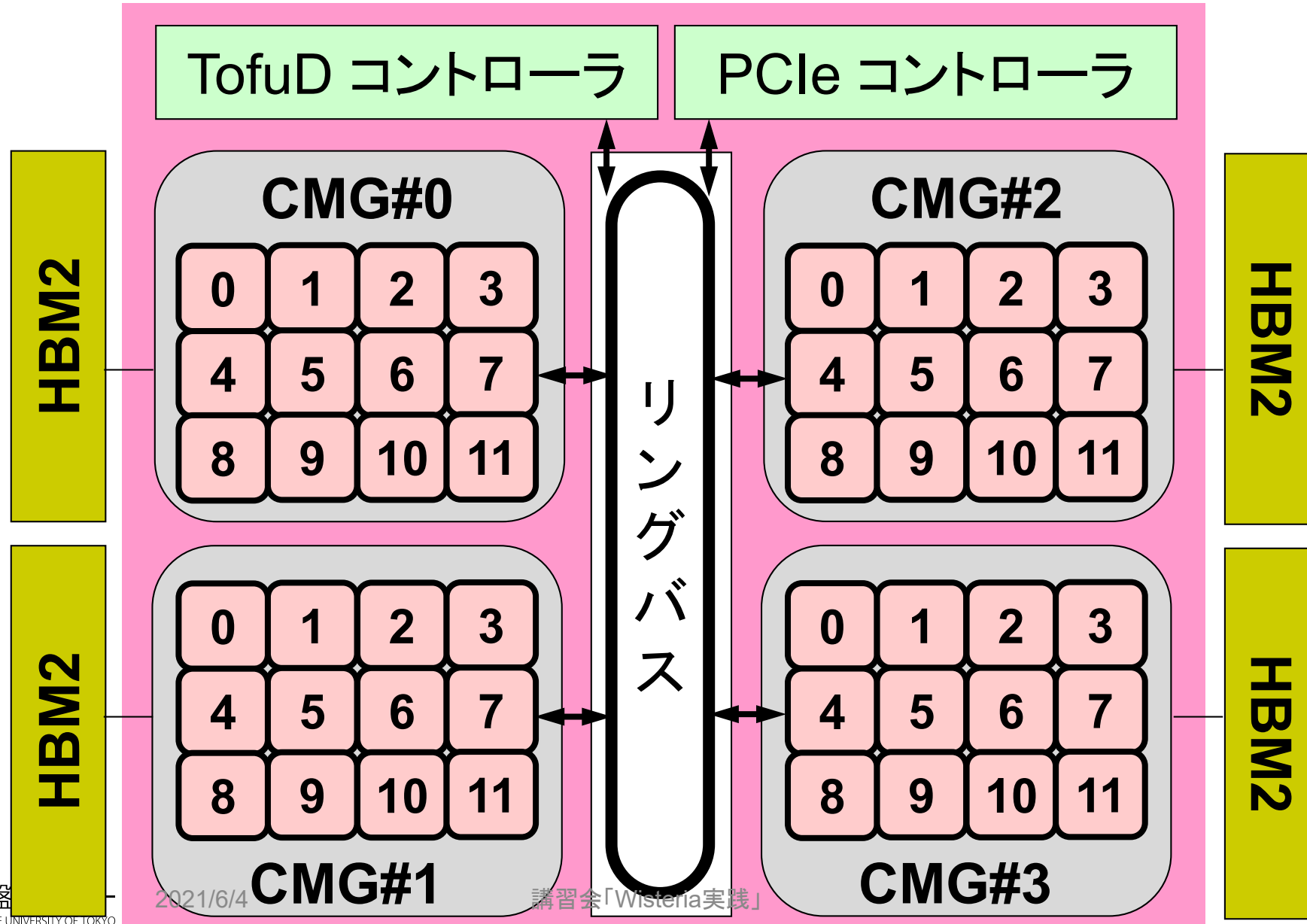
# システム構成図

**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)**



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

# A64FX : CMG (Core Memory Group)



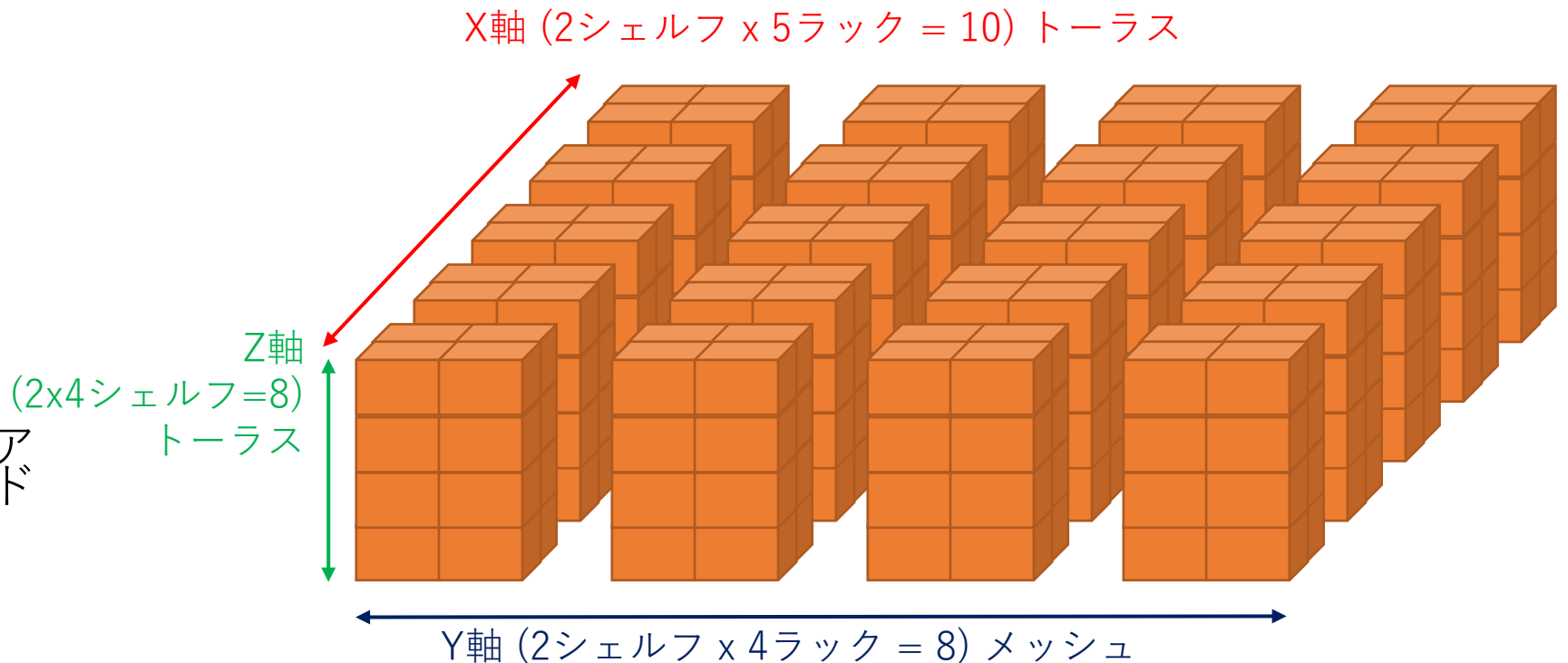
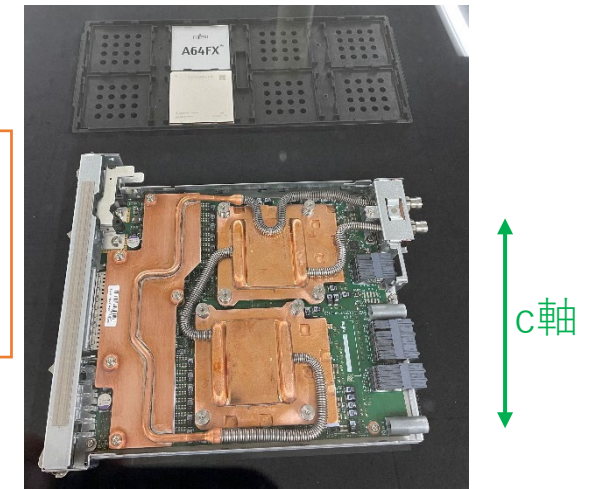
# Wisteria-OdysseyのTofu-D

- Tofu-D 形状: 全20ラック
    - (X, Y, Z, a, b, c) = (10, 8, 8, 2, 3, 2)
  - ➔ 3次元、2次元、1次元に展開して指定可能
- 典型的な例 (全系)

- 3次元: 20 x 24 x 16
  - $X*a, Y*b, Z*c$
- 2次元: 60 x 128
  - $X*a*b, Y*Z*c$
- 1次元: 7680

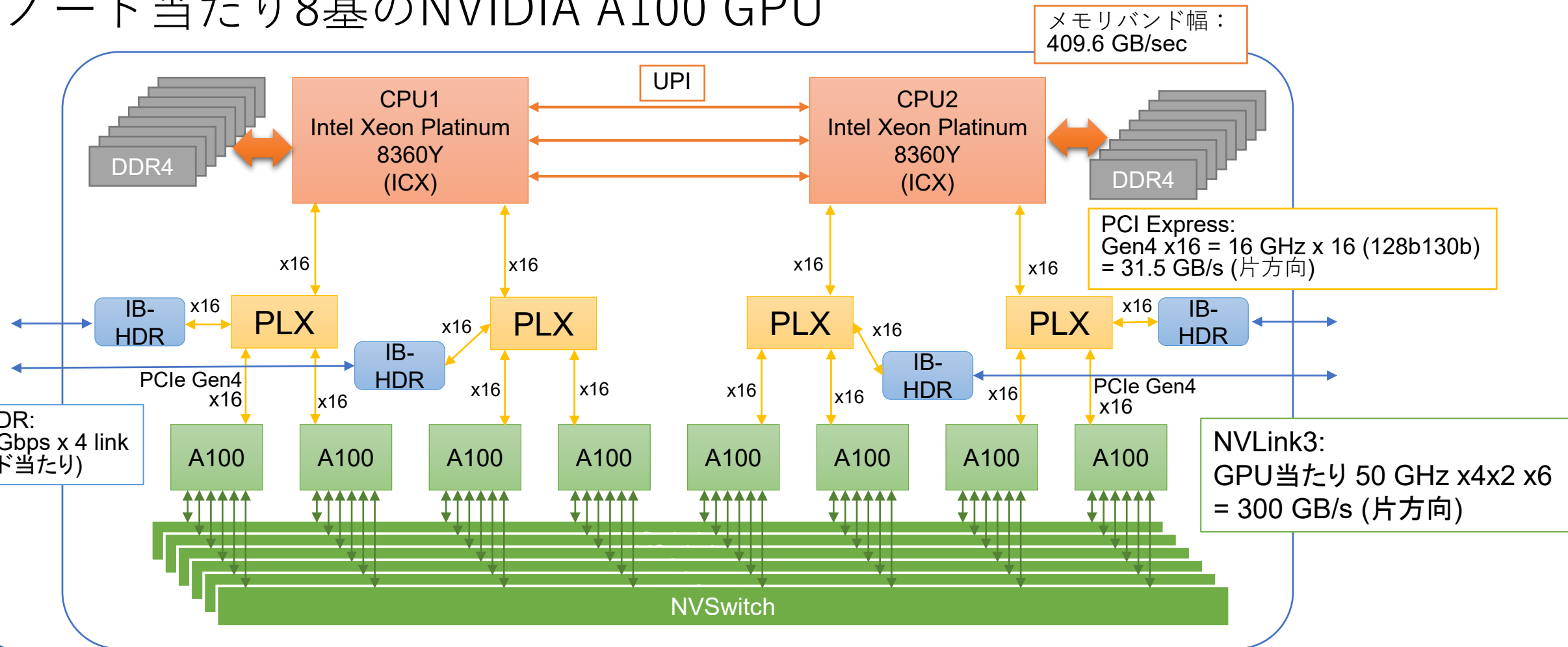
- 参考：
  - ジョブ運用ソフトウェア  
エンドユーザ向けガイド
  - MPI使用手引書

シェルフ内に  
12枚搭載  
シェルフあたりは  
(1, 1, 2, 2, 3, 2)



# Aquariusの構成

- Intel Xeon Platinum 8360Y (36c 2.4GHz) x 2ソケット, 512GBメモリ
- ノード当たり8基のNVIDIA A100 GPU





項目		Wisteria-O (Odyssey)	Wisteria-A (Aquarius)
総理論演算性能		25.9 PFLOPS	7.2 PFLOPS
総ノード数		7,680	45
総主記憶容量		240.0 TiB	36.5 TiB
ネットワークトポロジー		6次元メッシュ / トーラス	Full-bisection Fat Tree
インターコネク		TofuインターコネクD	InfiniBand HDR(200Gbps) x 4
共有ファイルシステム	システム名	FEFS (Fujitsu Exabyte File System)	
	サーバ(OSS)	DDN SFA7990XE	
	サーバ(OSS)数	16	
	ストレージ容量	25.8 PB	
	ストレージデータ転送速度	504 GB/s	
高速ファイルシステム	システム名	FEFS (Fujitsu Exabyte File System)	
	サーバ(OSS)	DDN SFA400NVXE	
	サーバ(OSS)数	16	
	ストレージ容量	1.0 PB	
	ストレージデータ転送速度	1.0 TB/s	

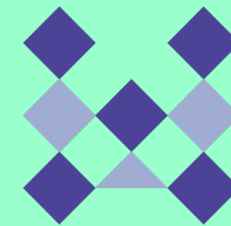
項目		Wisteria-O (Odyssey)	Wisteria-A (Aquarius)
マシン名		FUJITSU Supercomputer PRIMEHPC FX1000	FUJITSU Server PRIMERGY GX2570 M6
CPU	プロセッサ名	A64FX	Intel Xeon Platinum 8360Y (開発コード名: Ice Lake)
	プロセッサ数 (コア数)	1 (48+アシスタントコア2 or 4)	2 (36+36)
	周波数	2.2 GHz	2.4 GHz
	理論演算性能	3.3792 TFLOPS	5.53 TFLOPS
	メモリ容量	32 GB	512 GiB
	メモリ帯域幅	1,024 GB/s	409.6 GB/s
GPU	プロセッサ名	-	NVIDIA A100
	SM数 (単体)		108
	メモリ容量 (単体)		40 GB
	メモリ帯域幅 (単体)		1,555 GB/s
	理論演算性能 (単体)		19.5 TFLOPS
	搭載数		8
	CPU-GPU間接続		PCI Express Gen4 x 16レーン (1レーンあたり片方向32 GB/s)
	GPU間接続		NVLink x 12本 (1本あたり片方向25GB/s)

# 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	

# 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
    - 3<sup>rd</sup> Generation Intel Xeon Scalable Processors
    - 推論, 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

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

計算科学コード

シミュレーション  
ノード群, Odyssey

最適化されたモデル,  
パラメータ

計算結果

Wisteria/BDEC-01

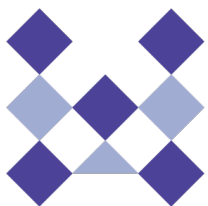
機械学習, DDA

データ・学習ノード群

観測データ

Aquarius

データ同化  
データ解析

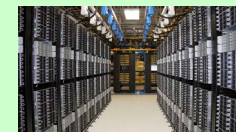


Wisteria  
BDEC-01

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

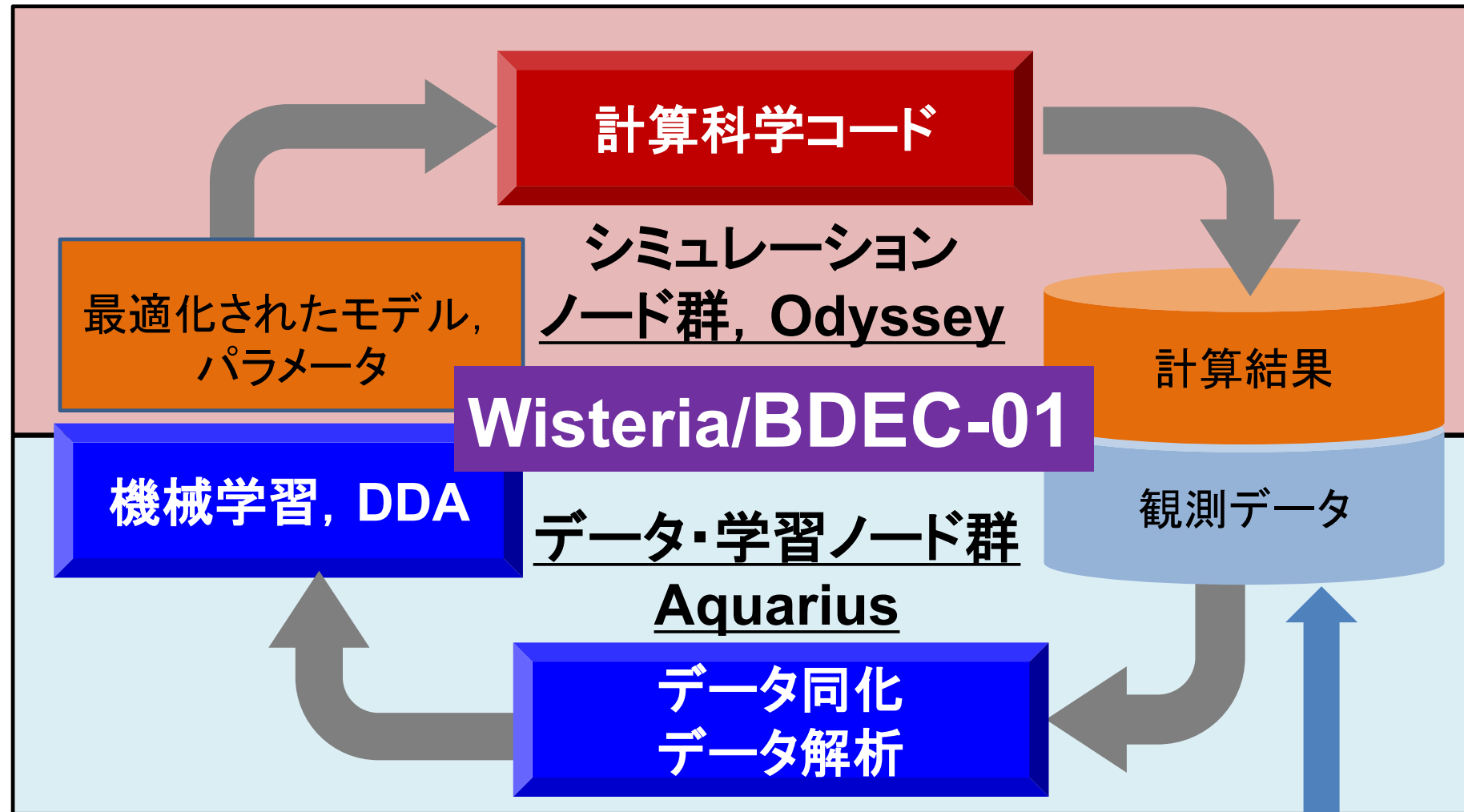
**Fast File System (FFS)**  
1.0 PB,  
1.0 TB/s

**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)**

# 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](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/>
- 3<sup>rd</sup> 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\\_Irma\\_ICX-CPU-final3.pdf](https://www.hotchips.org/assets/program/conference/day1/HotChips2020_Server_Processors_Intel_Irma_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](https://www.hotchips.org/assets/program/conference/day1/HotChips2020_GPU_NVIDIA_Choquette_v01.pdf)



# 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 an article on 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 article also mentions that the system comprises two parts: Aquarius and Odyssey. The website header includes navigation links for DATANAMI, ENTERPRISEAI, HPCWIRE JAPAN, and HPC & AI WALL STREET. A search bar is present. A Dell Technologies advertisement is visible on the right side of the page, along with a section titled "Leading Solution Providers" listing various companies like Adaptive, AMD, Ansys, Asper Systems, AEMPO, Atos, AWS, Hight Computing, CRAY, ddn, DELL Technologies, and Fujitsu.



# 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.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>

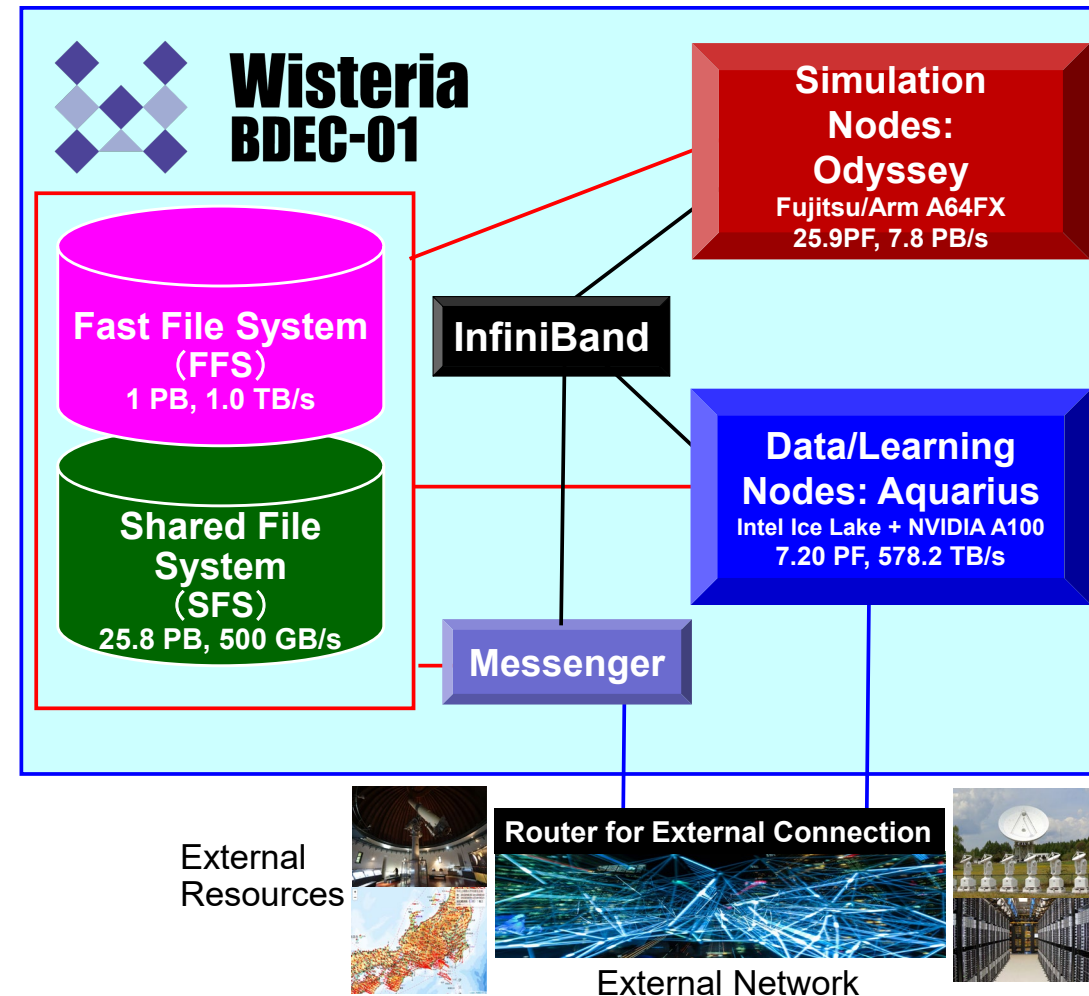
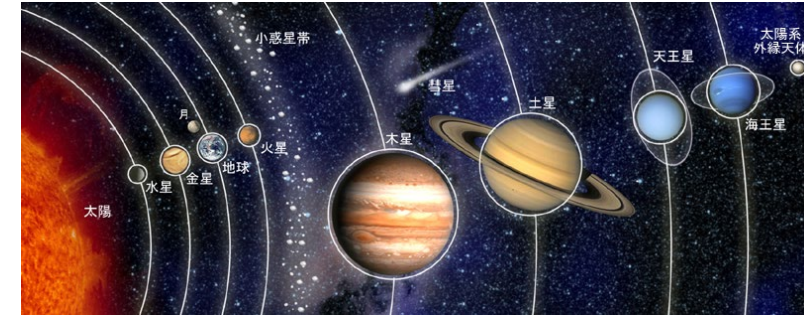
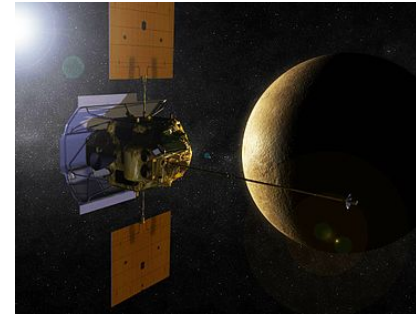


**Wisteria  
BDEC-01**



# Wisteria-Messenger

- Intel Xeon Gold 6348 (IceLake)
  - 2.6 GHz, 28 cores/socket
  - 2 sockets × 6 nodes
  - IB-HDR
- Directly working with “Odyssey” for supporting “Aquarius”
  - can access external resources directly
  - e.g. “Filtering” in the Earthquake Simulation
  - h3-Open-SYS/WaitIO-Socket
- Operation has started
  - JHPCN users can access
  - Plan for public use is pending
- 本当は「Mercury」という計画があって、そのプロトタイプとしてMessengerがある。



- JHPCNの概要
- 東大情報基盤センターのスパコン概要
- Wisteria/BDEC-01
- **Oakbridge-CX**
- **Ipomoea-01**
- h3-Open-BDEC
  
- 利用事例
- JHPCN利用申込み

# Oakbridge-CX (OBCX)

<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/obcx/service/>

- 富士通製
- Intel Xeon Platinum 8280 (Cascade Lake, CLX) (28コア) × 2
  - 合計1,368ノード, Omni-Path Architecture (OPA)
- 共有ファイルシステム (Lustre)
- 128ノードはSSD搭載, 総容量200TBの高速ファイルシステムとして運用可
  - SSD搭載128ノードのうち16ノードは外部ネットワークに直接接続しており(外部接続ノード), 外部リソース(サーバ, ストレージ, センターネットワーク等)との通信可能
- ピーク性能6.61 PFLOPS, TOP500で69位(2020年11月)
- 更に外部ネットワークに直接接続し, OBCX各計算ノードと連携するGPUサーバ(通称Mini-DP, Wisteria/BDEC-01の「データ・学習ノード」に相当)を利用可能

# Oakbridge-CX

## (OBCX)

### 世界第110位

### 2021年11月現在



Fujitsu PRIMERGY CX2550 M5



Fujitsu PRIMERGY CX400 M1  
シャーシ当たりCX2550 M5 × 4搭載



x1,368 node

#### 体性能

論演算性能: 6.61PF  
 記憶容量: 256.5TiB  
 メモリバンド幅: 385.1TB/s  
 コア数: 21ラック  
 SSD搭載: 128ノード

#### ノード単体

理論演算性能: 4.8384 TF  
 手記憶容量: 192GiB  
 メモリバンド幅: 281.6GB/s

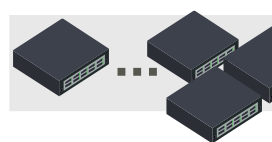


計算ノード間ネットワーク (Omni-Path Architecture)  
 通信性能 100Gbps



x10

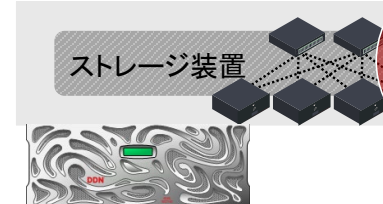
#### 管理サーバ群



x15

FUJITSU Server  
 PRIMERGY RX2530 M4 x 15  
 (ジョブ、運用、認証、Web、  
 セキュリティログ保存)

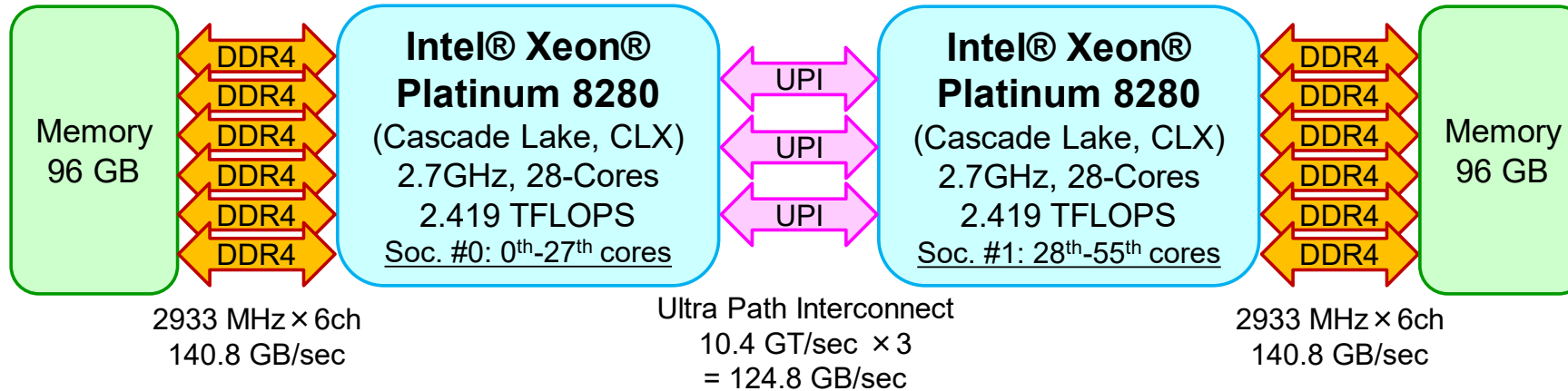
#### ストレージ



12.4PB

ストレージ装置: DDN ES18KE x2セット  
 ファイルシステム: DDN ExaScaler  
 (Lustreベースファイルシステム)

# Intel Xeon Platinum 8280 (Cascade Lake-SP, CLX)



Fujitsu PRIMERGY CX2550 M5

- Intel Xeon Platinum 8280 (Cascade Lake, CLX), 富士通
  - 1,368 nodes, 6.61 PF peak, 385.1 TB/sec,
  - **4.2+ PF for HPL**
- Network: Intel Omni-Path, 100 Gbps, Full Bi-Section
- Storage: DDN EXAScaler (Lustre)
  - 12.4 PB, 193.9 GB/sec
- Power Consumption:
  - 950.5 kVA

# 全体構成

項目		仕様
総理論演算性能		6.61 PFLOPS
総ノード数		1,368=1,240+112+16
総主記憶容量		256.5 TiB
ネットワークトポロジー		Full-bisection Fat Tree
並列ファイルシステム	システム名	Lustreファイルシステム
	サーバ(OSS)	DDN ES18K
	サーバ(OSS)数	8
	ストレージ容量	12.4 PB
	ストレージデータ転送速度	193.9 GB/s



# ノードの構成

項目		仕様	
製品名		Fujitsu PRIMERGY CX2550 M5	Fujitsu PRIMERGY CX2560 M5
ノード数		1240	112+16
CPU	プロセッサ名	Intel® Xeon® Platinum 8280 (開発コード名 : CascadeLake)	
	プロセッサ数(コア数)	2 (28+28)	
	周波数	2.7 GHz	
	理論演算性能	4.8384 TFLOPS	
Memory		192 GiB(DDR4)	
インターコネク		Intel ® Omni-Path ネットワーク (100 Gbps)	
SSD	容量	-	1.6 TB(NVMe)
	読み出し性能		3.20 GB/s
	書き込み性能		1.32 GB/s

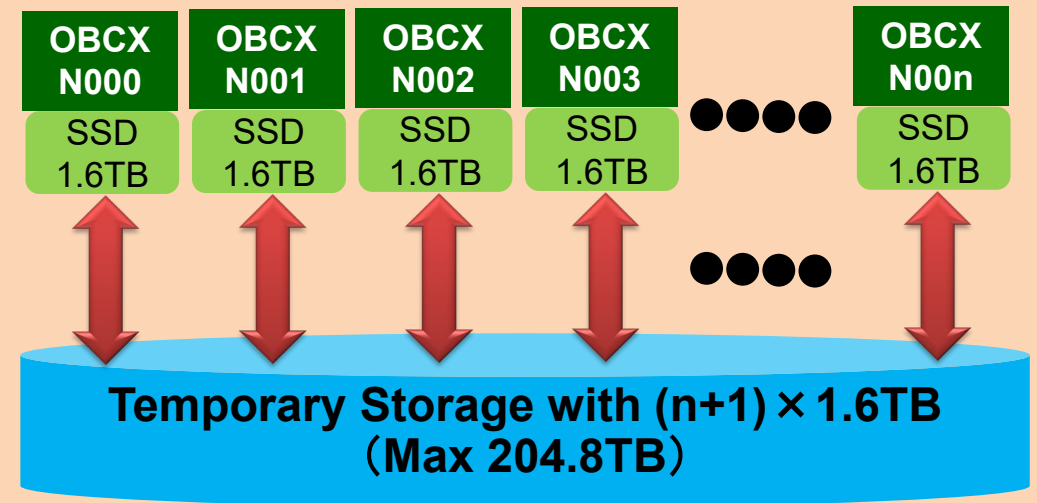
# ソフトウェア構成

項目	構成
OS	Red Hat Enterprise Linux 7, CentOS 7
コンパイラ	GNU コンパイラ Intel コンパイラ(Fortran77/90/95/2003/2008, C, C++)
メッセージ通信ライブラリ	Intel MPI, Open MPI, Intel Omni-Path Fabric Software
ライブラリ	Intel社製ライブラリ(MKL)(BLAS, CBLAS), その他(LAPACK, ScaLAPACK, SuperLU, SuperLU MT, SuperLU DIST, METIS, MT-METIS, ParMETIS, Scotch, PT-Scotch, PETSc, Trillinos, FFTW, GNU Scientific Library, NetCDF, Parallel netCDF, HDF5, Cmake, Anaconda, Xabclib, ppOpen-HPC, ppOpen-AT, MassiveThreads
アプリケーション	Mpijava, OpenFOAM, ABINIT-MP, PHASE, FrontFlow/blue, FrontISTR, REVOCAP-Coupler, REVOCAP-Refiner, OpenMX, xTAPP, AkaiKKR, MODYLAS, ALPS, feram, GROMACS, BLAST, R packages, Bioconductor, BioPerl, BioRuby, BWA, GATK, SAMtools, Quantum ESPRESSO, Xcrypt, Paraview, VisIt, POV-Ray
フリーソフトウェア	Autoconf, automake, bash, bzip2, cvs, emacs, nndutils, gawk, gdb, make, grep, gnuplot, gzip, less, m4, perl, ruby, sed, ubversion, tar, tcsh, tcl, zsh, FUSE, git 等
コンテナ仮想化	singularity (dockerイメージ利用可)

# Oakbridge-CX (OBCX) : BDECに向けた実験システム

- 全1,368ノードのうち128ノードにSSD (Solid State Drive) 搭載
  - Intel SSD + BeeGFS
    - 容量: 1.6 TB/node
    - 読み書き性能: 3.20/1.32 GB/s/node
    - BeeOND (BeeGFS-on-Demand) によって合計 200+TB (128 × 1.6) の高速ファイルシステムとして使用可能
  - データ科学アプリケーション
    - ソフトウェア類も充実
  - ステージング, チェックポイント
  - 128ノードのうち16ノードはSINET経由で外部リソース(サーバー, ストレージ, センサーネットワーク)に直接接続⇒外部接続ノード

## BeeGFS on Demand (BeeOND)



**Total: 1,368 nodes**

128 nodes  
with SSD

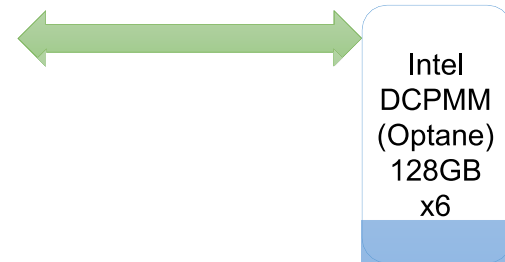
16

**OBCXの16ノード(外部接続ノード)**  
SINET経由で外部計算機資源に直接接続,  
BDECにおけるデータ・学習ノード群と同様の  
役割



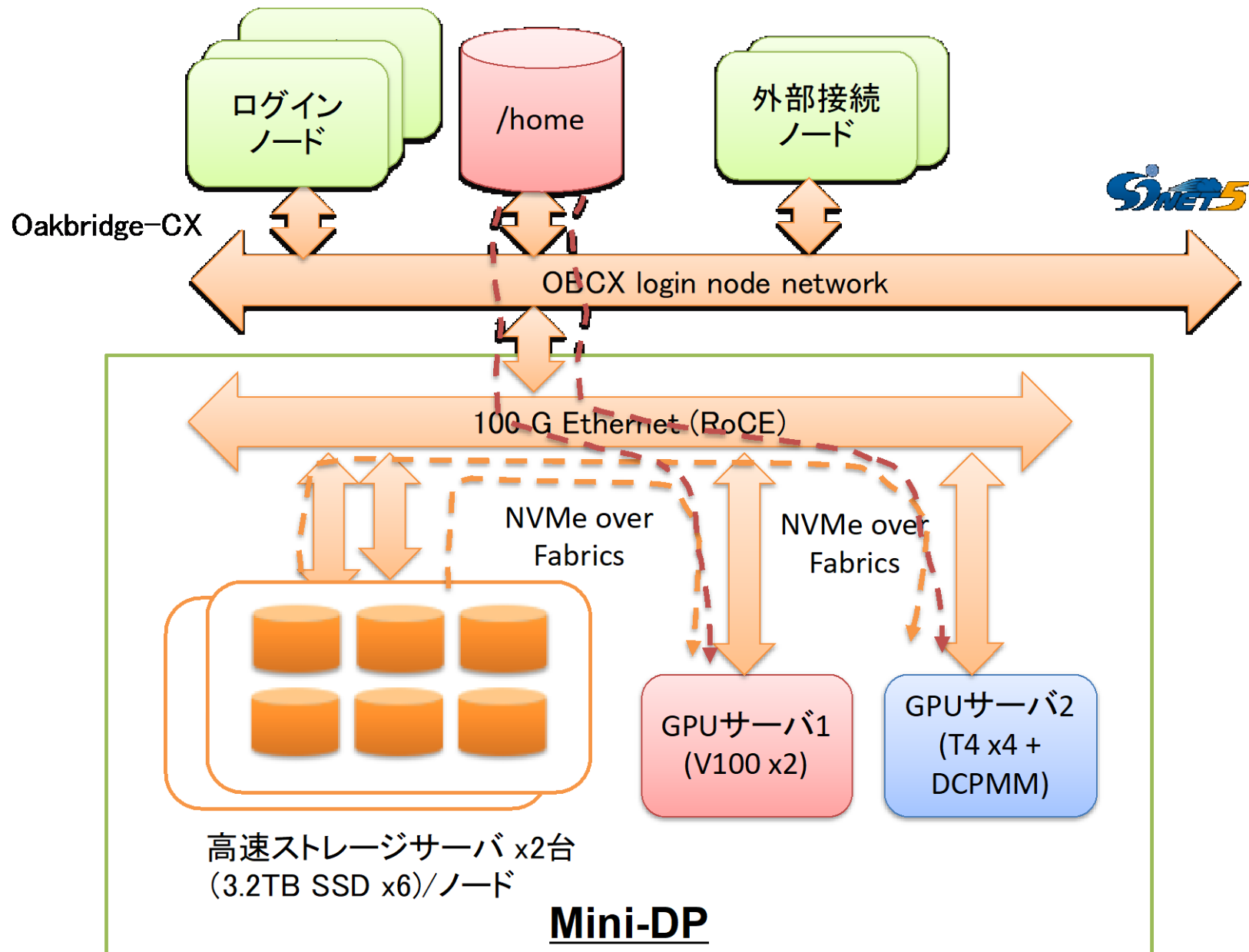
# Mini-DP (1/2)

- GPUサーバ1 × 1台
  - Intel Xeon Gold 6230 (Cascade Lake, ) (20コア) × 2
  - NVIDIA Tesla V100 32GB × 2
  - 192 GBメモリ, 100 G bit Ethernet
- GPUサーバ2 × 1台
  - Intel Xeon Gold 6230 (CLX) (20コア) × 2
  - NVIDIA Tesla T4 16GB × 4
  - 192 GBメモリ + 1.5 TB不揮発メモリ (Intel DCPMM, Optane DIMM)
  - 100 G bit Ethernet



# Mini-DP (2/2)

- 高速ストレージサーバ × 2台 (3.2TB NVMe SSD × 6枚搭載)
- GPUサーバ1, 2は OBCXのログインノードファイルシステムをマウント、高速ストレージサーバのNVMe SSDを NVMe over Fabricsによりブロックデバイスとして attachして利用可能(構成変更も応相談)



# Mini-DP (Data Platform)

Total: 1,368 nodes

128 nodes  
with SSD

16

SINET5

External  
Resources

## OBCXの16ノード

SINET経由で外部計算機  
資源に直接接続  
BDECにおける外部ノード  
(EXN)と融合ノード(ITN)  
の中間的役割

## Mini-DP

GPUサーバー with NVMe  
SSD, BDECのデータ学習  
ノードとmdxの中間的役割

# Oakbridge-CXに関する情報

- 全般
  - <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/obcx/service/>
- 利用コース
  - <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/obcx/service/course.php>
- ジョブクラス
  - <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/obcx/service/job.php>
- 利用申込・利用負担金
  - <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/guide/application/>
- FAQ
  - <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/faq/obcx.php>

# 大規模共通ストレージシステム「Ipomoea」(1/2)

- 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
  - 「計算・データ・学習」融合分野では、大量の観測データ、パラメータスタディの結果ファイルなどを処理する必要がある
- 当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
  - 近年は当センターのシステム数も増加、利用者も目的や手法に応じて複数のシステムを同時に利用する事例が増加
  - システムがリプレイスされる場合には大量のデータをバックアップする必要があった
  - 個別のワークロードのデータ量も増加
- 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、当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



# 大規模共通ストレージシステム「Ipomoea」(2/2)

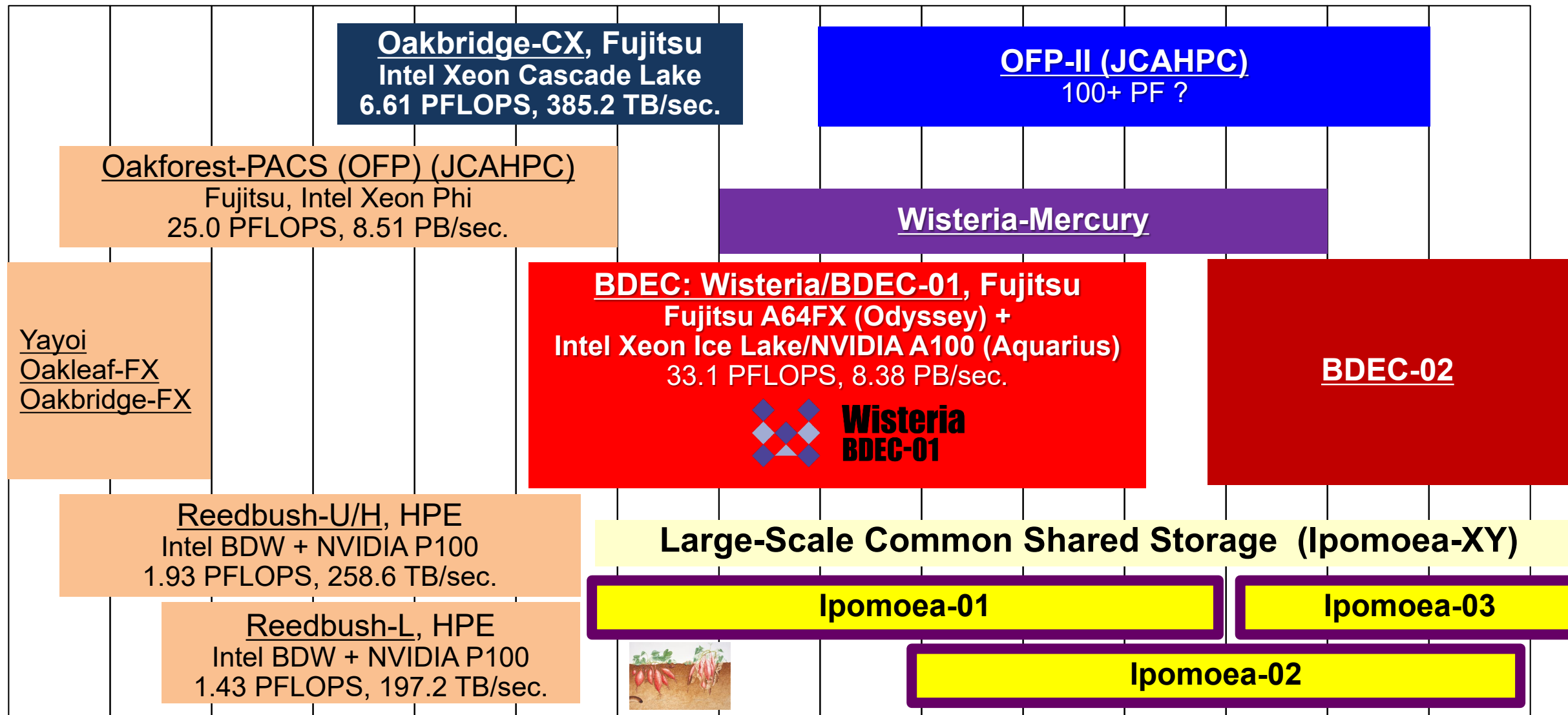
- 筑波大学と共同で最先端共同HPC 基盤施設(JCAHPC)によって運用しているOakforest-PACS(OFP)は, ピーク性能25PFLOPS を有するナショナルフラッグシップ級のシステム、2022年3月末に運用終了予定
- 2021年春, mdx , Wisteria/BDEC-01 が運用を開始
- 各システムからアクセスできる「大規模共通ストレージ(Ipomoea)」導入を決定
  - 「大規模共通ストレージシステム(Ipomoea)」は約5-6年使用し, 約3年ごとに新しいストレージシステム(25+PB)を導入し, 入れ替えることを想定している



# Supercomputers in ITC/U.Tokyo

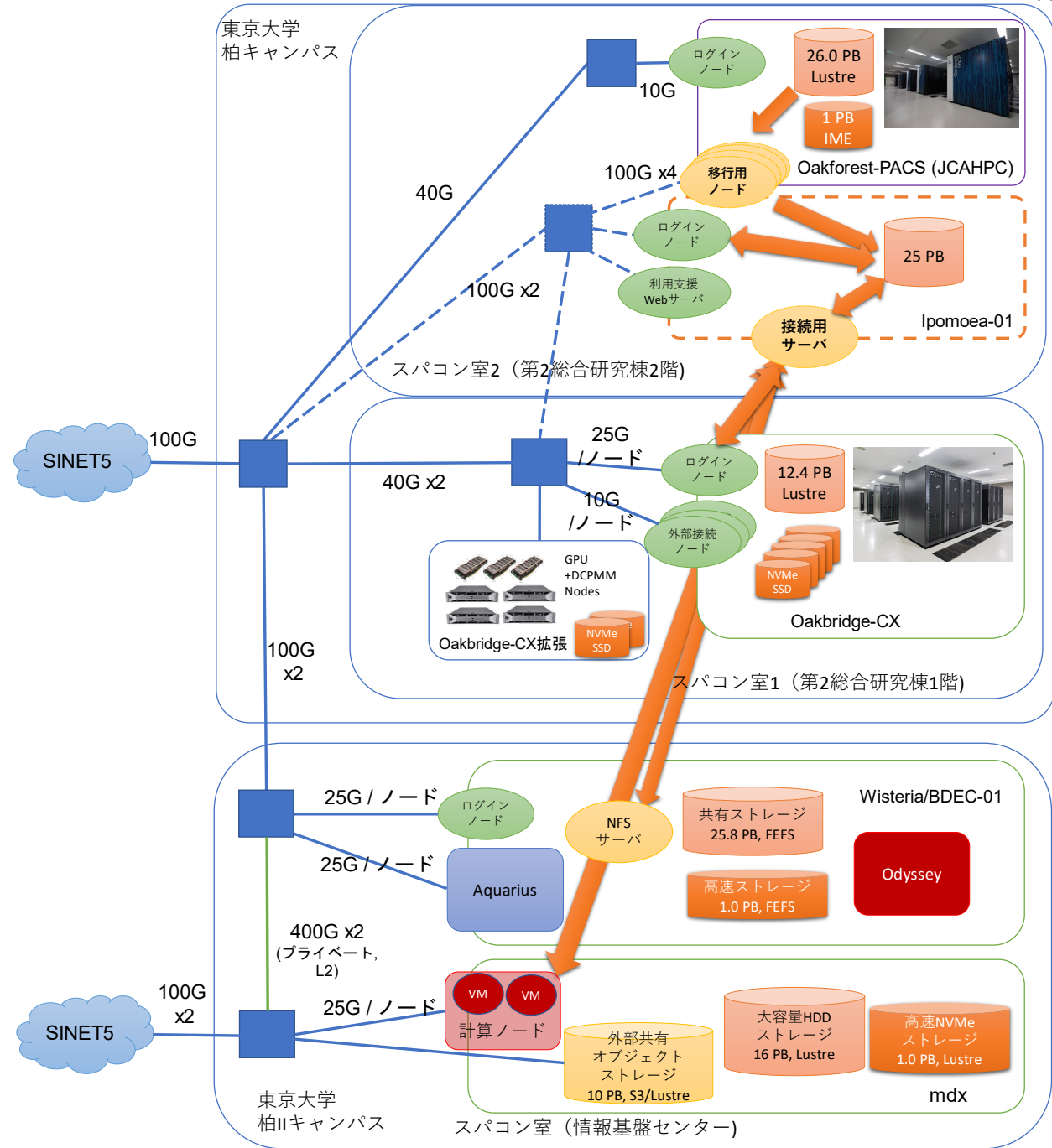
## Information Technology Center, The University of Tokyo

FY16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30



# Ipomoea-01

- 2022年1月運用開始予定, 25+PF
- 2022年6月末までにOFPのLustre領域の必要ファイルについて移行完了
- 既存システム(2021年3月末)
  - OFP 50億ファイル 11 PB
  - OBCX 8.5億ファイル 2.6 PB
  - OPA



- JHPCNの概要
- 東大情報基盤センターのスパコン概要
- Wisteria/BDEC-01
- Oakbridge-CX
- Ipomoea-01
- **h3-Open-BDEC**
  
- 利用事例
- JHPCN利用申込み



# (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

- 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)
- 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**



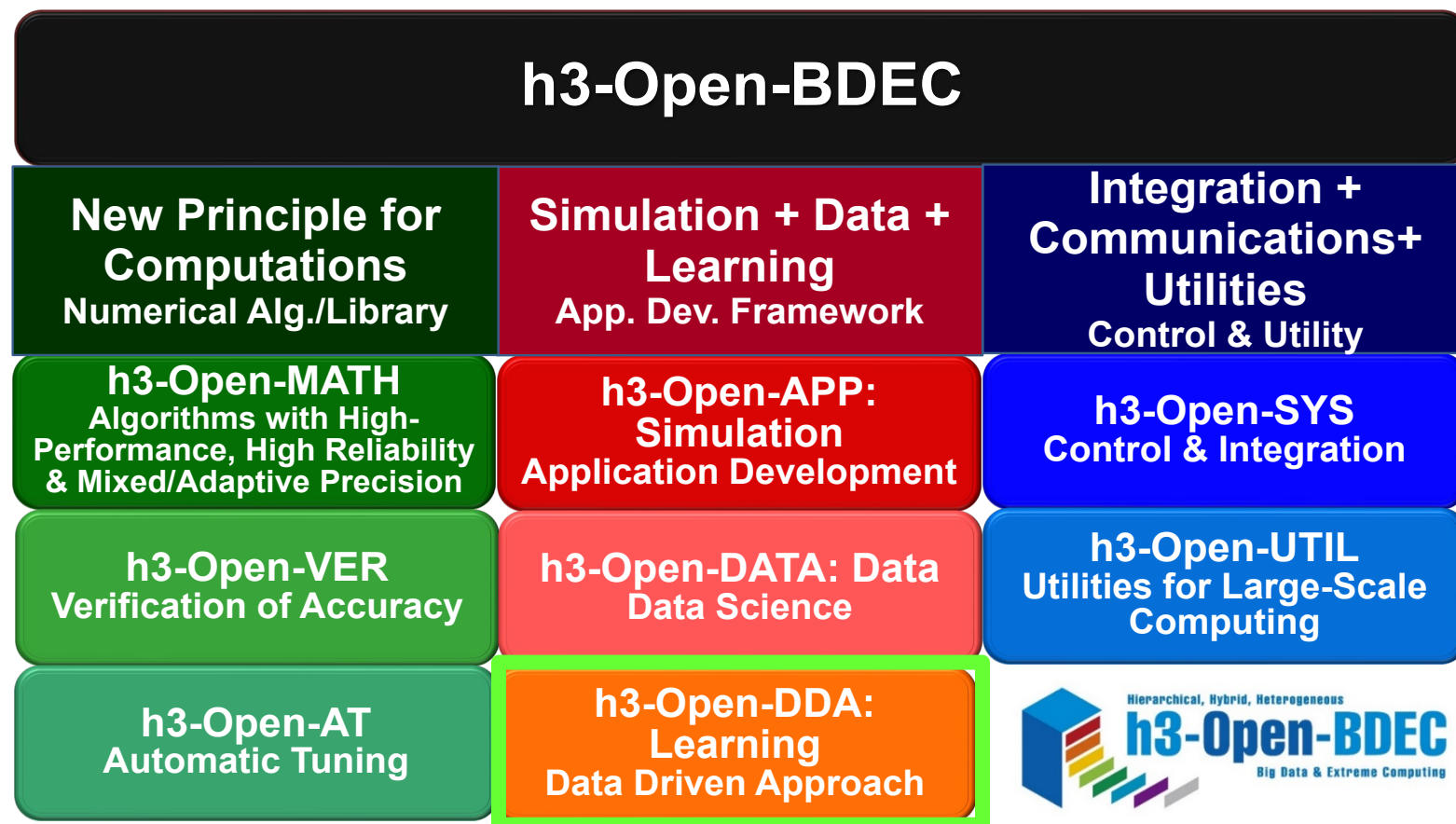
# h3-Open-BDEC

「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

<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 (hDDA: Hierarchical Data Driven Approach) 等に基づく革新的機械学習手法

✓ Hierarchical, Hybrid, Heterogeneous ⇒ h3



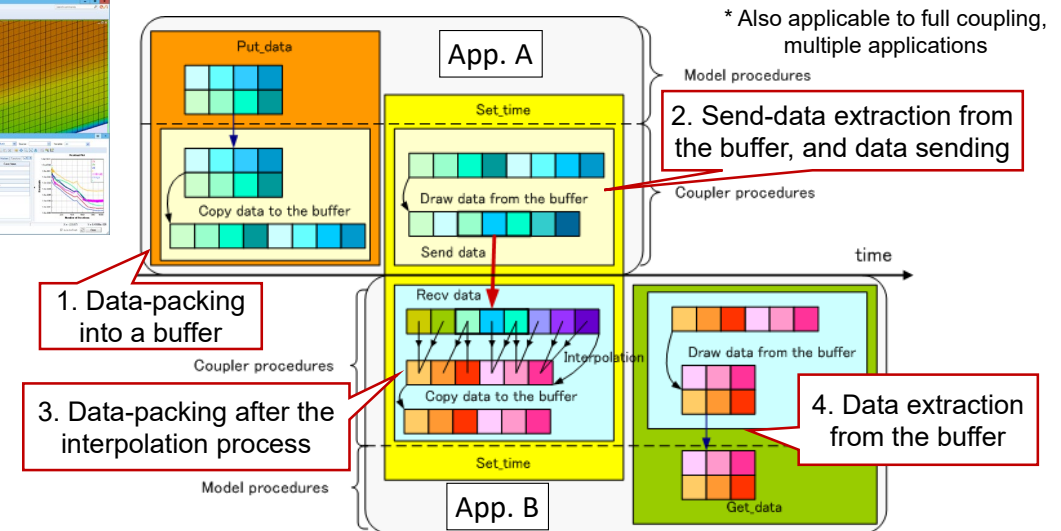
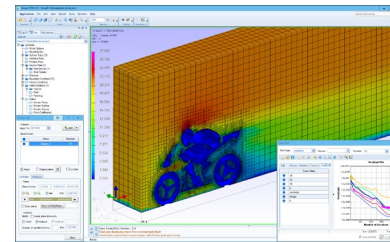
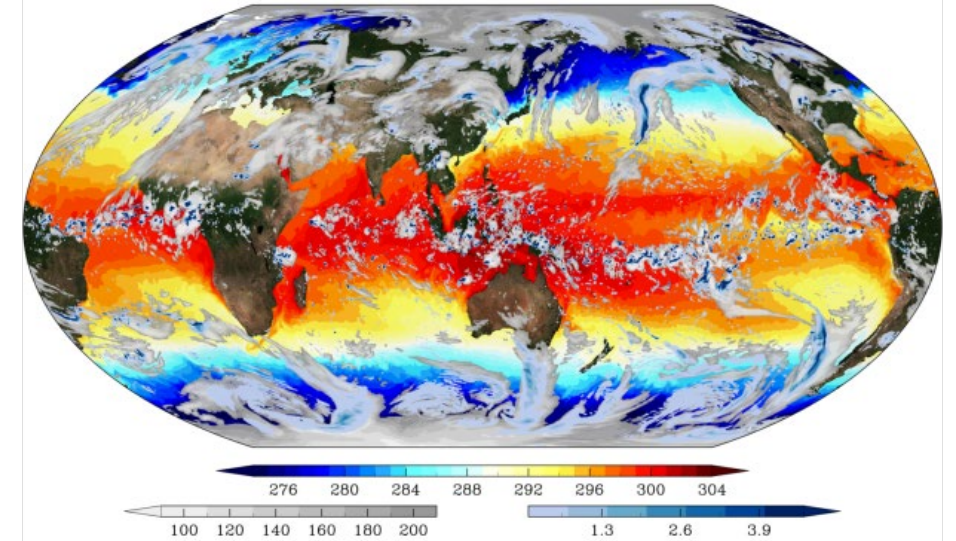
# 期待される成果と意義



- 計算科学の専門家のみで(S+D+L)融合を容易に実現
  - 機械学習の専門家のサポートを必要としない
- ソースコード, マニュアル類も含めて一般に公開, 様々なエクサスケールシステムでの普及を目指す
  - ポスト富岳も含めたポストムーア時代への展開
- h3-Open-BDEC利用による(S+D+L)融合シミュレーションにより従来手法と同等の正確さを保ちつつ, 大幅な計算量・消費電力削減を目指す(10分の1が目標)。
- シミュレーション高度化: パラメータスタディのケース数を削減できる
- リアルタイム災害シミュレーション等への適用

# 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(後述)**
- 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

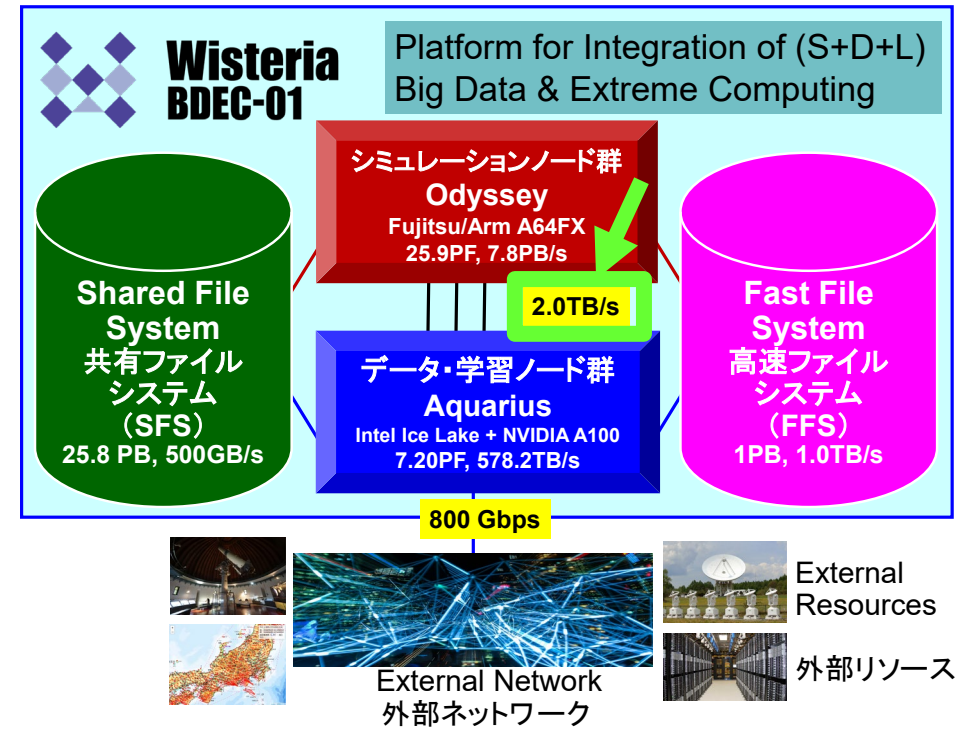




# AI for HPC の実現



- **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

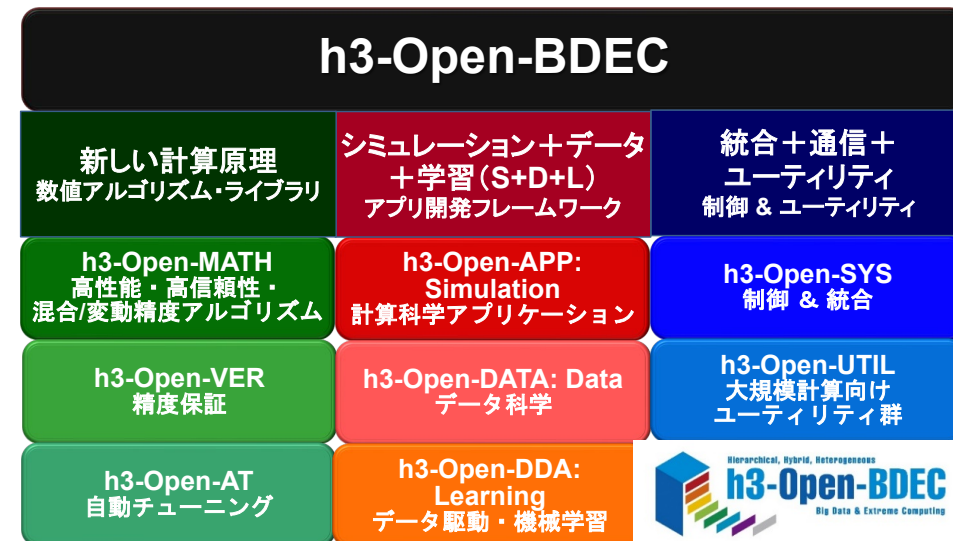
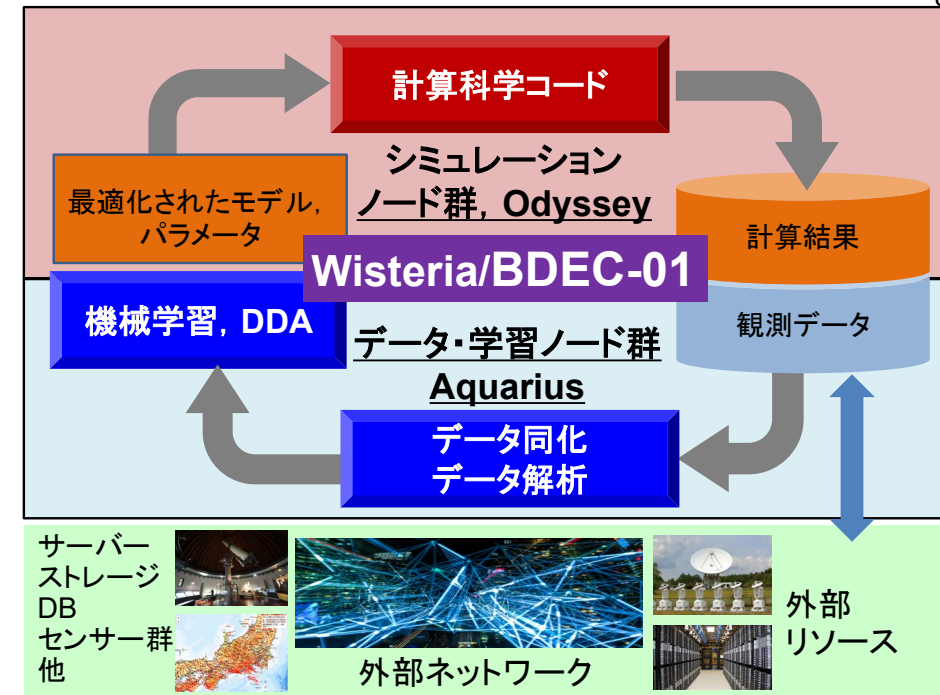


h3-Open-BDEC		
新しい計算原理 数値アルゴリズム・ライブラリ	シミュレーション+データ +学習(S+D+L) アプリ開発フレームワーク	統合+通信+ ユーティリティ 制御 & ユーティリティ
h3-Open-MATH 高性能・高信頼性・ 混合/変動精度アルゴリズム	h3-Open-APP: Simulation 計算科学アプリケーション	h3-Open-SYS 制御 & 統合
h3-Open-VER 精度保証	h3-Open-DATA: Data データ科学	h3-Open-UTIL 大規模計算向け ユーティリティ群
h3-Open-AT 自動チューニング	h3-Open-DDA: Learning データ駆動・機械学習	

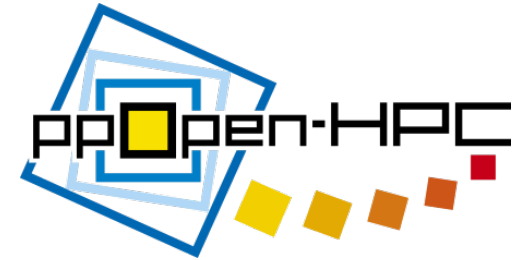
# h3-Open-SYS/WaitIO

## データ受け渡しライブラリ[松葉, 2020]

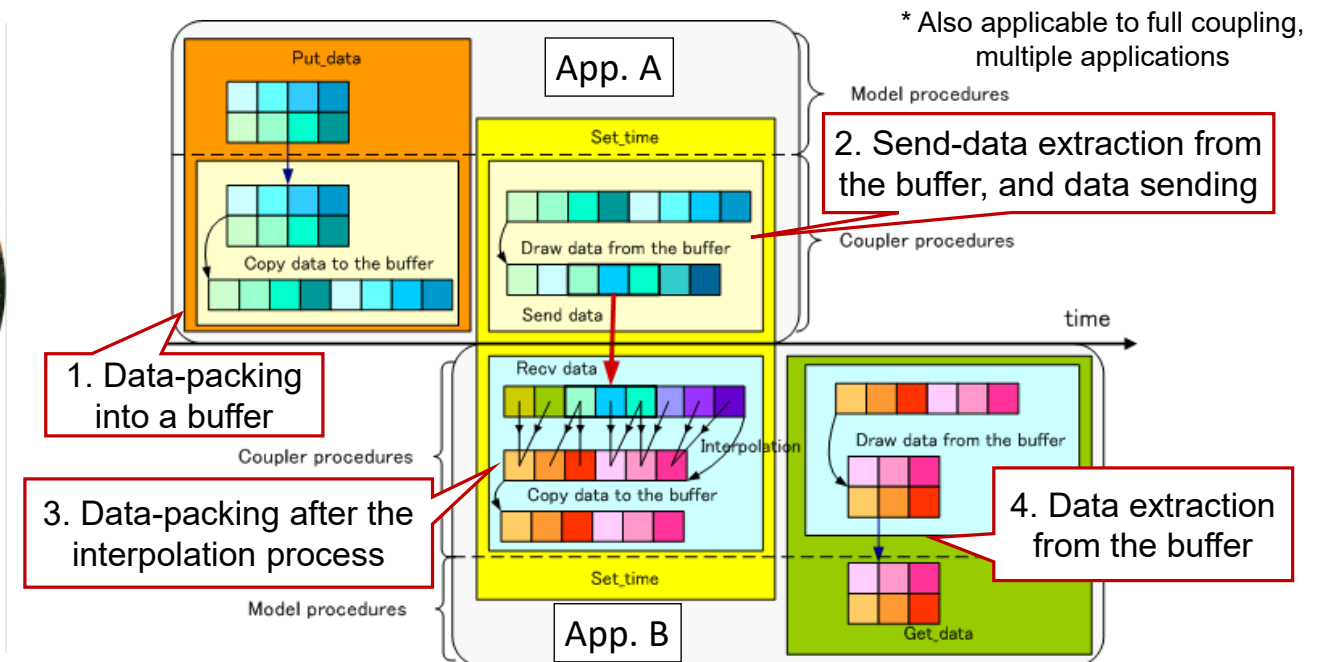
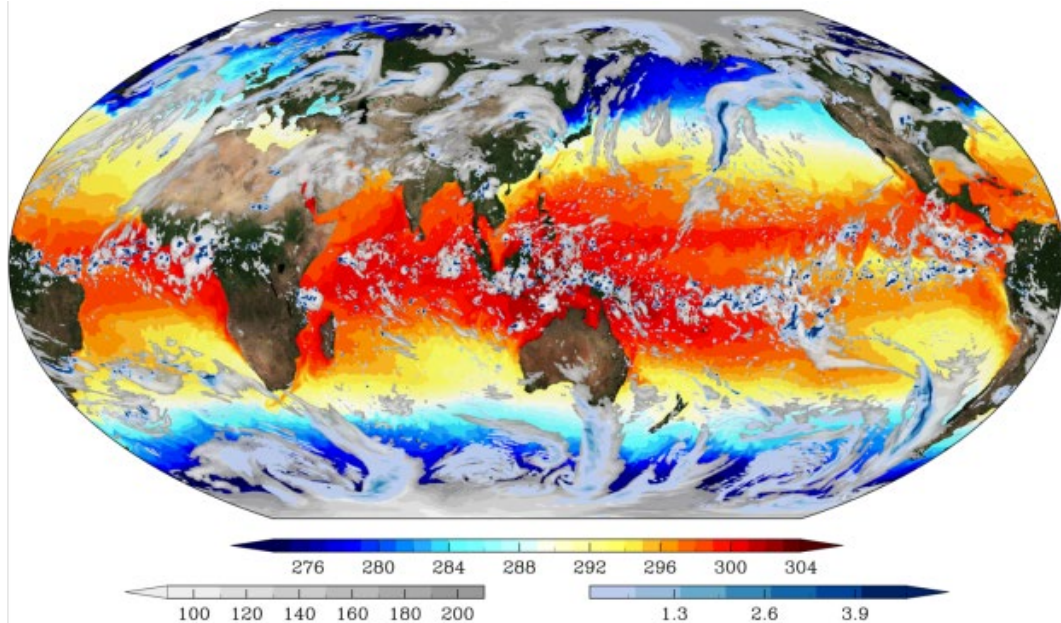
- ヘテロジニアス環境下での異なるコンポーネント間ファイル経由連携ライブラリとして考案
- 機能
  - ✓ Odyssey～Aquarius間連携
    - IB-EDR経由通信
    - ファイル経由
  - ✓ 外部からのデータ取得(観測データ等)
  - ✓ 読み込み・書き出しの同期
- API: C/C++, Fortranから呼び出し可能
  - ✓ MPIライクなインタフェースを提供
- 多機能カプラー(h3-Open-UTIL/MP)との連携



# 連成シミュレーションのためのカップラー 〔荒川, 八代〕



- 従来のカップラー (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



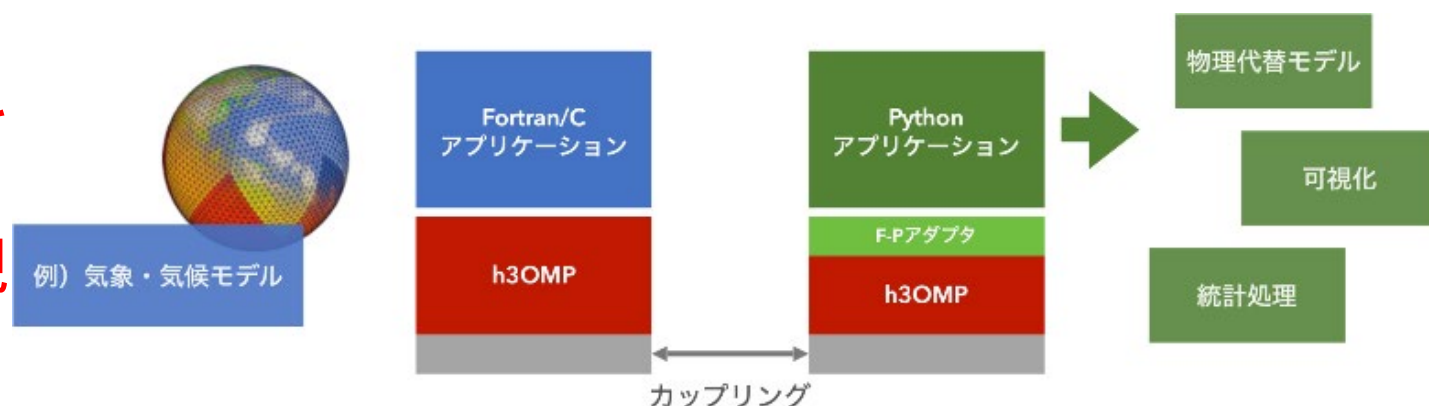
# 「計算＋データ＋学習」融合を支援する 多機能カプラーh3-Open-UTIL/MP



- 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

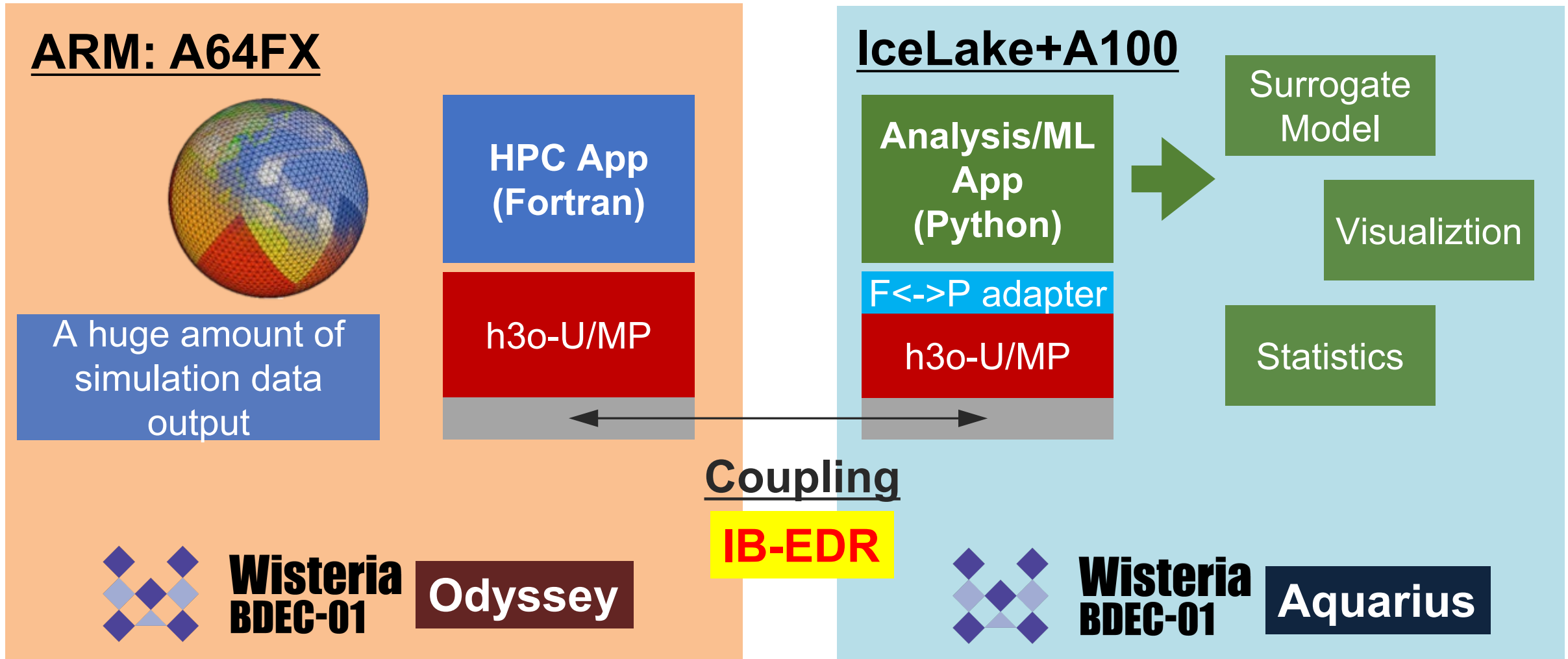
- FortranやCで記述されたプログラム同士の連成計算に限って開発を行ってきたカプラーを、Pythonによって記述されたAI・機械学習、可視化処理系のワークロードからも活用できるように機能拡充。



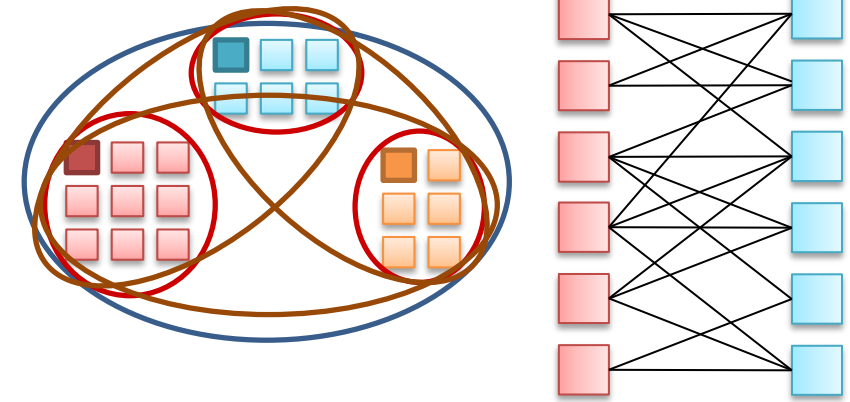
Fortran/CアプリとPythonアプリの連成計算の模式図  
〔八代・荒川 2020〕

- O-A利用:WaitIOとの連携

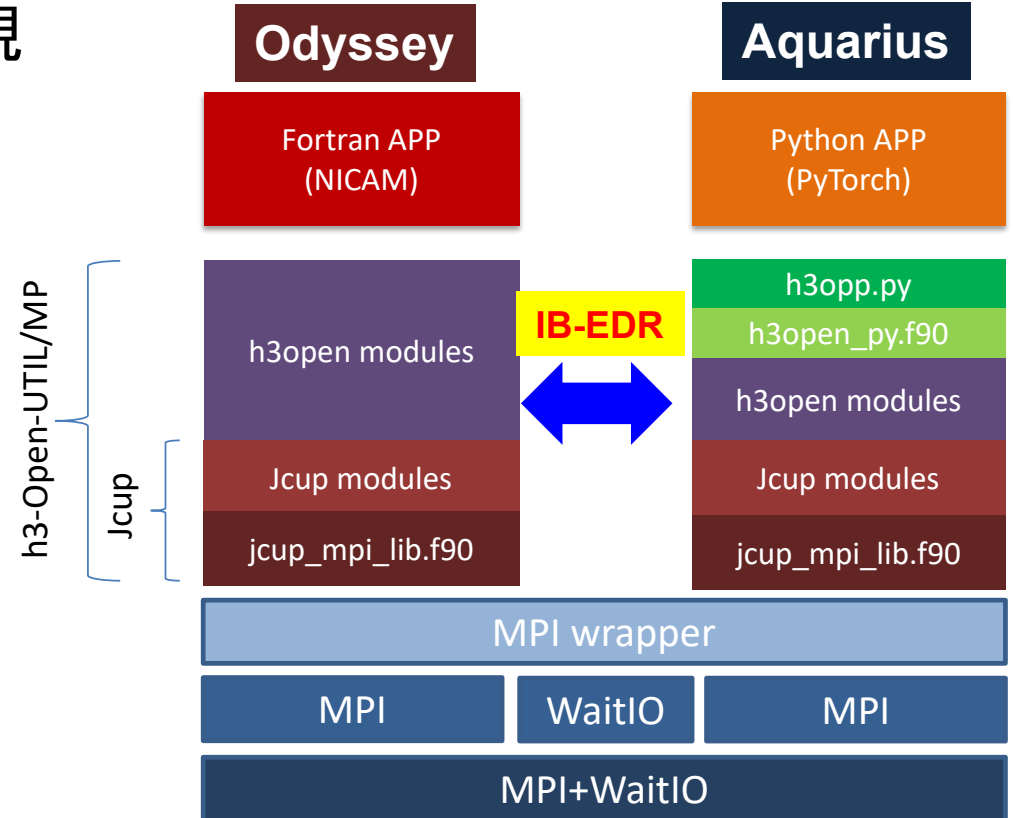
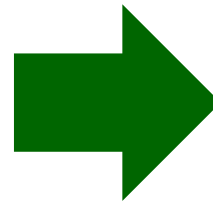
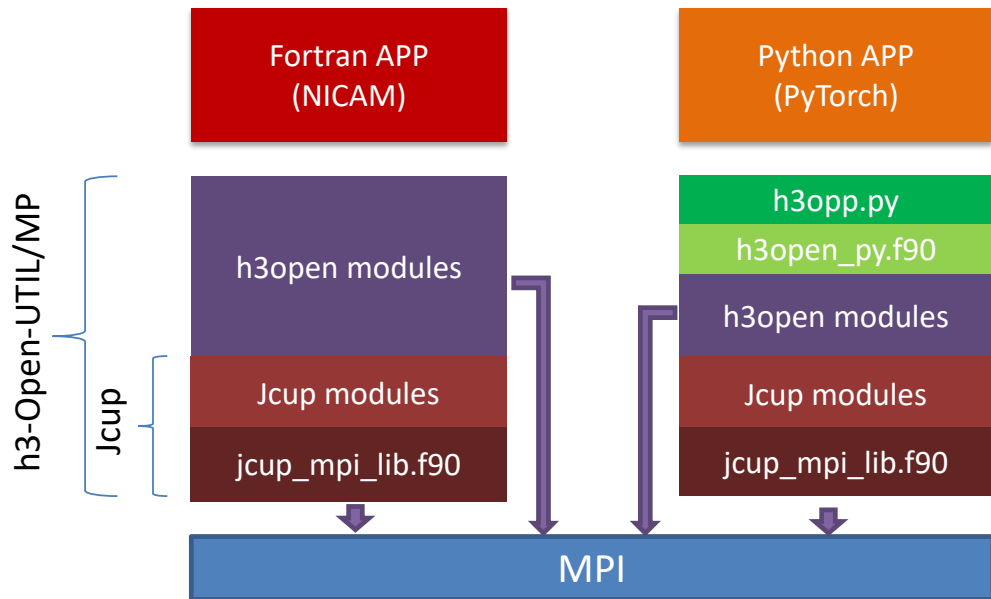
# h3-Open-UTIL/MP (h3o-U/MP) + h3-Open-SYS/WaitIO



# h3-Open-UTIL/MP・ h3-Open-SYS/WaitIO連携



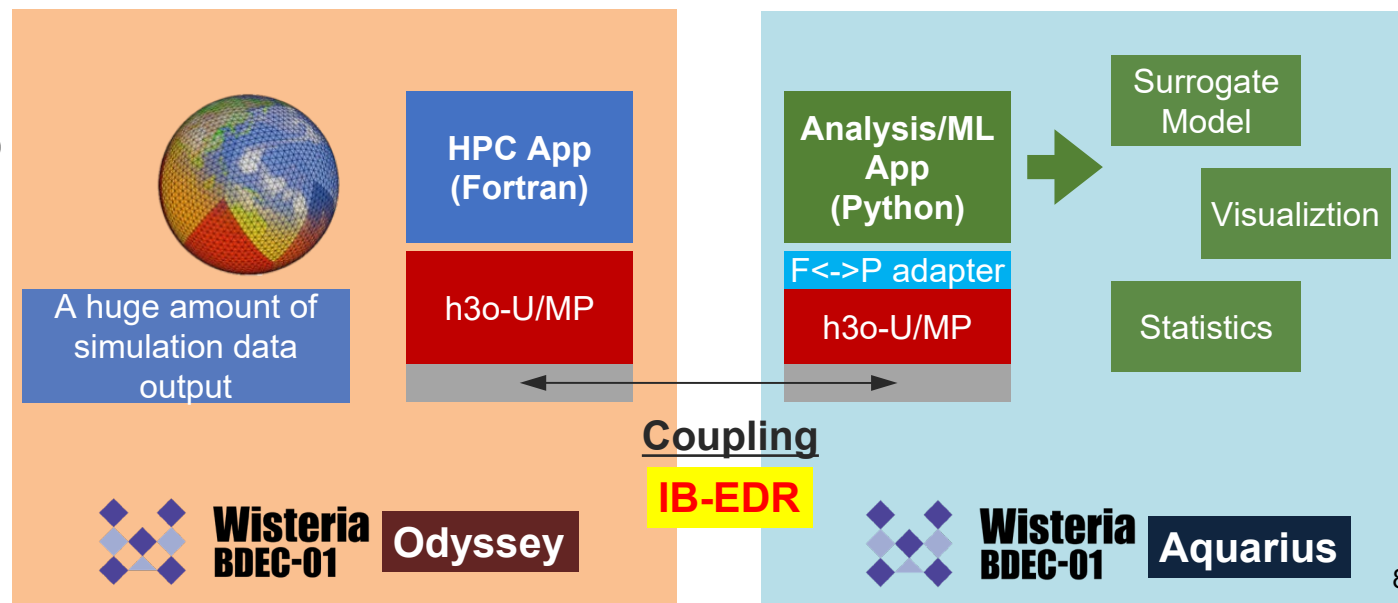
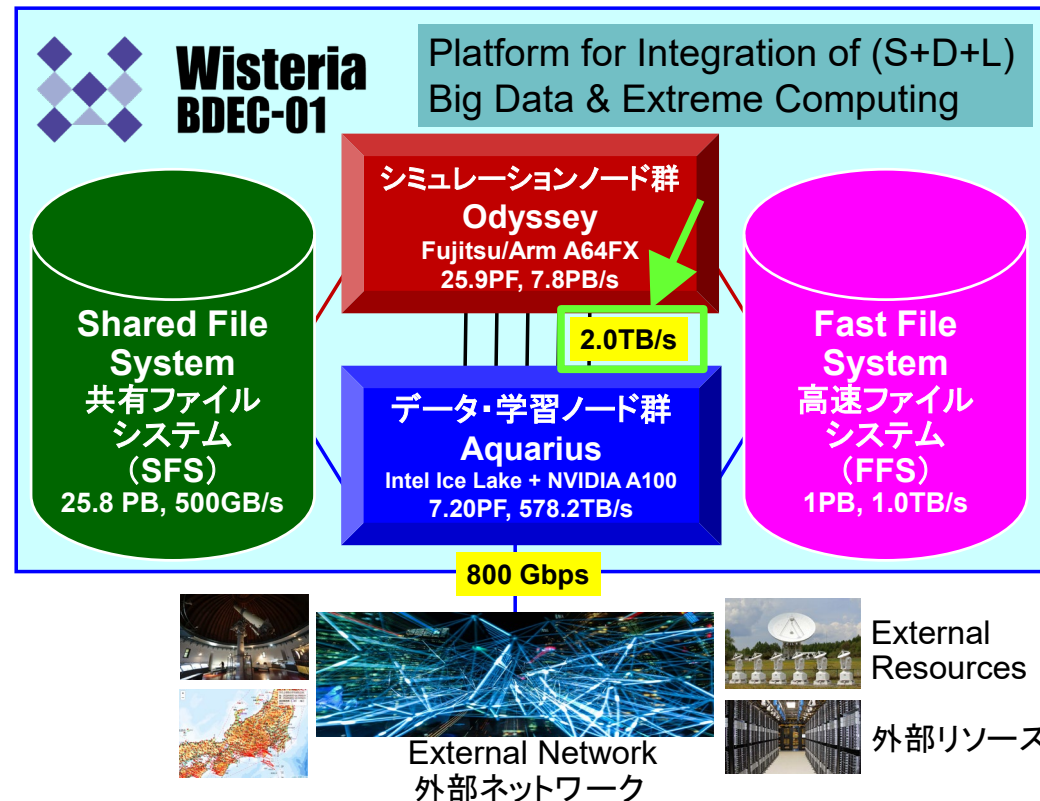
- h3-Open-UTIL/MP
  - (現状)MPIによるコンポーネント間通信:1対1, 集団通信
  - Odyssey-Aquarius間はMPIによる通信は不可⇒  
h3-Open-SYS/WaitIOによりO-A間通信実現



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-Socket
  - 2021年10月 (Odyssey+Aquarius, 直接通信)
- h3-Open-SYS/WaitIO-File
  - 2022年度 (ファイルシステム経由)
- h3-Open-UTIL/MP (HPC+Python)
  - 2021年10月 (Oのみ)
- h3-Open-UTIL/MP+h3-Open-SYS/WaitIO-Socket
  - 2022年1月~4月 (O+A, 直接通信)
- **協力者求む!**
  - **2022年度JHPCN新規応募**



# h3-Open-SYS/WaitIO-SocketのAPI

## ■ APIは通信実現の最小限に限定

- グループ作成、isend(), irecv(), wait()とmisc関数を提供
  - TAGサポート(64bit), ANY\_SOURCE, ANY\_TAGサポートなし

WaitIO API	概要
waitio_isend	Non-Blocking送信
waitio_irecv	Non-Blocking受信
waitio_wait	送受信完了待ち合わせ
waitio_init	WaitIO初期化
waitio_get_nprocs	PB毎の参加プロセス数獲得
waitio_create_group waitio_create_group_wranks	PB間通信グループ生成 (メンバ配列指定、関数指定)
waitio_group_rank	グループ内Rankの獲得
waitio_group_size	グループサイズの獲得
waitio_pb_size	全PBのサイズ獲得
waitio_pb_rank	全PB内Rankの獲得



- JHPCNの概要
  - 東大情報基盤センターのスパコン概要
  - Wisteria/BDEC-01
  - Oakbridge-CX
  - Ipomoea-01
  - h3-Open-BDEC
- 
- **利用事例**
  - JHPCN利用申込み

# 2020年度東大利用課題(OB外:OBCX外部接続)(1/2)

課題番号	課題名・代表者(所属)	RB	OPF	OB	OB外	FENNEL
<b>jh200002-NAH</b>	<b>電磁流体力学乱流の高精度・高並列LESシミュレーションコード開発研究 三浦英昭(核融合科学研究所)</b>		○			
jh200005-NAH	大規模並列計算による格子の最短ベクトル探索の効率化に関する研究 柏原賢二(東京大学)	○				
jh200008-NAH	Developing Accuracy Assured High Performance Numerical Libraries for Eigenproblems 片桐孝洋(名古屋大学)	○		○		
jh200016-NAH	データサイエンスに基づく高分子材料の構造物性相関 天本義史(九州大学)	○				
jh200020-MDH	機械学習に基づくマクロ経済変動の数理モデリング 齊木吉隆(一橋大学)	○				
jh200022-DAH	社会の分析とシミュレーションのための合成人口データ提供システム 村田忠彦(関西大学)					○
jh200023-NAHI	Hierarchical low-rank approximation methods on distributed memory and GPUs 横田理央(東京工業大学)	○				
jh200027-ISH	超巨大ニューラルネットワークのための分散深層学習フレームワークの開発とスケーラビリティの評価 田仲正弘(情報通信研究機構)	○		○		
<b>jh200029-NAH</b>	<b>時空間領域境界積分方程式法の高速度解法の開発と巨大地震シミュレーションへの応用 安藤亮輔(東京大学)</b>		○			
<b>jh200036-MDHI</b>	<b>High resolution simulation of cardiac electrophysiology on realistic whole-heart geometries 中島研吾(東京大学)</b>		○	○		
jh200037-NAH	高性能・変動精度・高信頼性数値解析手法とその応用 中島研吾(東京大学)	○	○	○		

# 2020年度東大利用課題(OB外:OBCX外部接続)(2/2)

課題番号	課題名・代表者(所属)	RB	OFFP	OB	OB外	FENNEL
jh200038-MDH	HPCと高速通信技術の融合による大規模データの拠点間転送技術開発と実データを用いたシステム実証試験 村田健史(情報通信研究機構)			○		
jh200041-NAH	Innovative Multigrid Methods II 藤井昭宏(工学院大学)		○	○		
<b>jh200042-DAH</b>	<b>Deep Learningを用いた医用画像診断支援に関する研究</b> 佐藤一誠(東京大学)	○	○	○		
<b>jh200043-MDHI</b>	<b>Development of Fast Surrogate for Approximating Large-scale 3D Blood Flow Simulation</b> 下川辺隆史(東京大学)	○	○	○		
jh200045-NAH	エクサスケール時代の数値計算手法に対する性能予測技術 深谷猛(北海道大学)		○	○		
jh200046-DAH	分散機械学習技術を用いた大規模医用画像処理の実現に向けた研究 大島聡史(名古屋大学)	○				
<b>jh200047-NWH</b>	<b>ハイブリッドクラウド構築とゲノム情報解析の効率的な運用に関する研究</b> 長崎正朗(京都大学)			○	○	
jh200051-NAHI	Scalable Multigrid Poisson solver for AMR-based CFD applications in Nuclear Engineering 小野寺直幸(日本原子力研究開発機構)			○		
<b>jh200062-NAH</b>	<b>ゲリラ豪雨予測のリアルタイム実証実験</b> 三好建正(理化学研究所)		○			
jh200064-NAH	機械学習を用いた風環境予測精度の向上と防災技術への応用 高木洋平(横浜国立大学)		○	○		
jh210003-NWJ	財務ビッグデータの可視化と統計モデリング 地道 正行(関西学院大学)					○

jh200002, 三浦英昭 (核融合科学研究所) 「電磁流体力学乱流の高精度・高並列LESシミュレーションコード開発研究」

**本研究課題の趣旨と構成**

- 目的：低衝突頻度プラズマ乱流シミュレーションのためのLES手法開発
- ターゲット：乱流構造の解明と、プラズマ
- 構成要素とその状況

**1. 高解像度高並列拡張MHDシミュレーションコードの開発**

擬スペクトル法のための3次元高速FFT(スラブ分割・ペンシル分割) 高速化FFTEを元にした通信時間隠蔽手法を実装(完了)  
物理モデルを、非圧縮性拡張MHDから圧縮性拡張MHDモデルへ変更 (進行中)

**2. LESのための乱流(SGS)モデル開発**

Hall 項など非理想MHD効果のためのSGSモデルの開発と改良 (進行中)  
直接数値シミュレーションによる基礎データ取得(進行中)

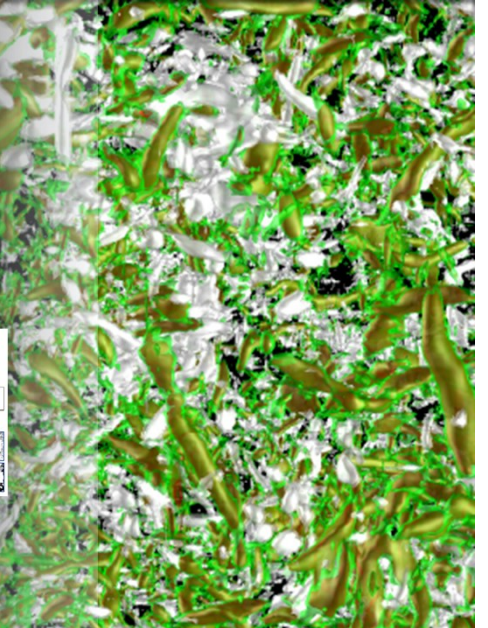
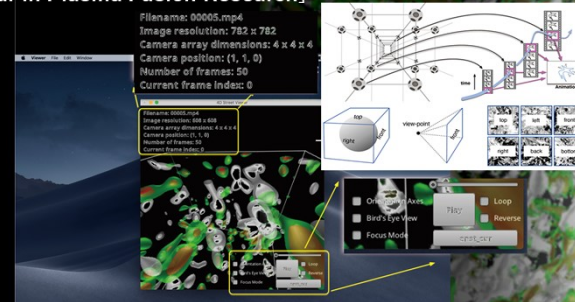
**3. in-situ可視化手法4D Street View (4DSV)の開発**

4DSVの概念実証(完了)  
4DSV用ドライバー(KVS, VISMO), ビューワの開発 (進行中)  
4DSVの高速化、高機能化(進行中)

電磁流体力学シミュレーションコードを用いたHall MHD乱流の数値計算と、4DSVによる可視化

図(右)：Hall MHD一様等方性乱流における管状渦構造の形成(緑、濃緑：2乗渦度場 $|\omega|^2/2$ の等値面, 灰色：2乗電流密度 $|j|^2/2$ の等値面)。渦が管状であることは、その構造形成過程にKelvin-Helmholtz不安定性が関わっていることを示唆している[H.Miura, fluids vol.4 (2019)]

図(下)：4DSVによる可視化事例。カメラを3次元空間の各所に配置し、各カメラから6方向について可視化を行う。各カメラの画像を統合して4DSVとして連続的に場の可視化ができるビューワの開発が進んでいる。[Kageyama, Sakamoto, Ohno and Miura, to appear in Plasma Fusion Research]



**拡張電磁流体力学シミュレーションによる渦構造形成の研究**

本課題で開発した電磁流体力学シミュレーションコードを用いて、Hall MHD乱流の数値計算を行った。

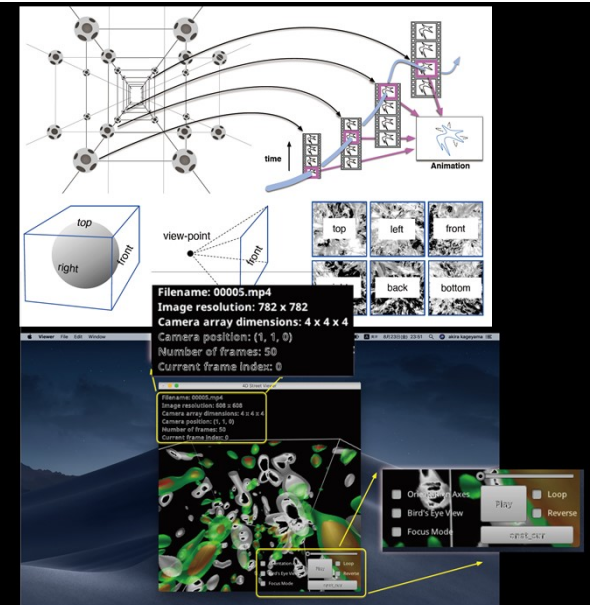
図：Hall MHD一様等方性乱流における管状渦構造の形成(緑、濃緑：2乗渦度場 $|\omega|^2/2$ の等値面, 灰色：2乗電流密度 $|j|^2/2$ の等値面)。渦構造が管状であることは、その構造形成にKelvin-Helmholtz不安定性が関わっていることを示唆している。[H.Miura, fluids vol.4 (2019)]

**4DSVの開発と可視化**

電磁流体力学シミュレーションのin-situ可視化手法としての4DSVの要素技術が進み、概念実証も行われた。

- 図(上)：4DSVにおけるカメラの配置と機能。3次元的に配置された複数のカメラがそれぞれ、6方向について可視化を行う。
- 図(下)：各カメラの画像を統合して4DSVとして連続的に場の可視化ができるビューワの開発が進んでいる。

[Kageyama, Sakamoto, Ohno and Miura, to appear in Plasma Fusion Research]



## 研究の流れと計算対象

地震発生全過程の3次元モデル化

- 動的地震破壊伝播
- 地震サイクル

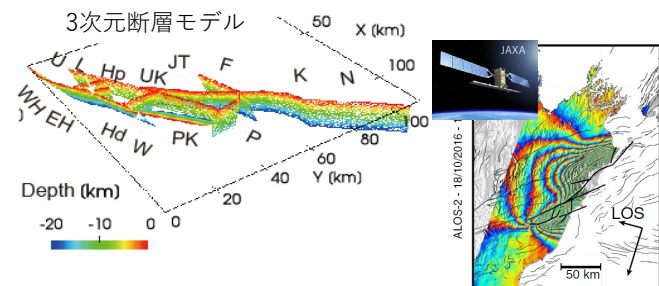
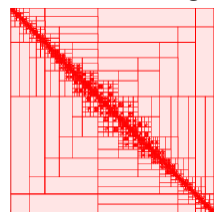
階層行列法(HACApK)による  
大規模・高効率技術の開発  
～動弾性境界積分方程式法への拡張

観測データによるモデル検証と改良

標準モデルの構築  
モデルの大規模化

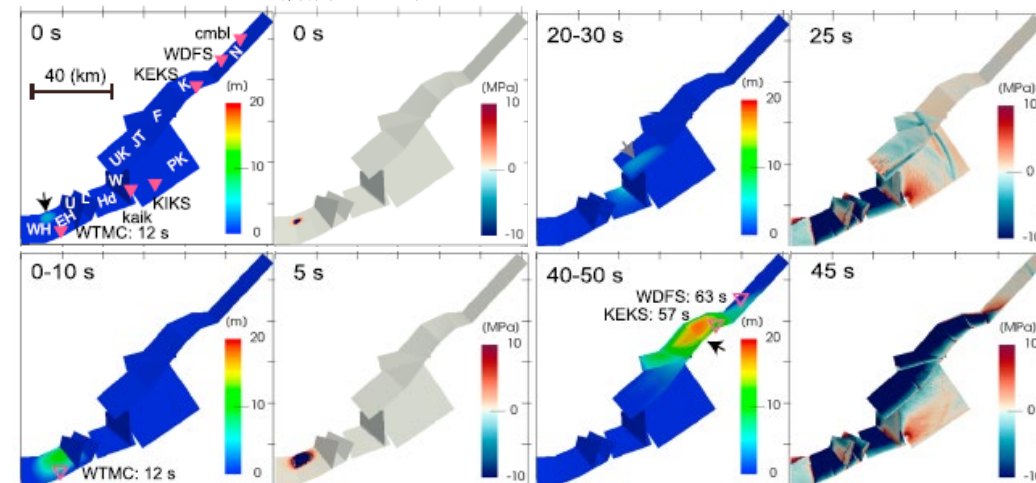


積分核行列の高精度  
階層的近似  $O(N \log N)$



## 計算例

断層のずれ量(左)と応力(右)の時間発展の様子  
断層面を上から見たところ

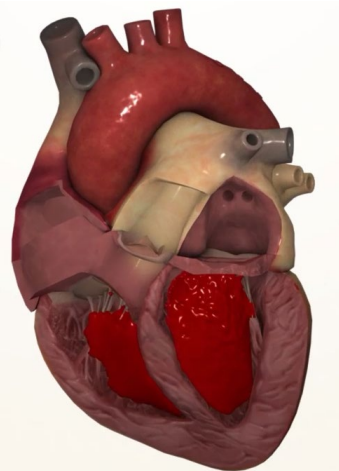


巨大地震の再現計算の例

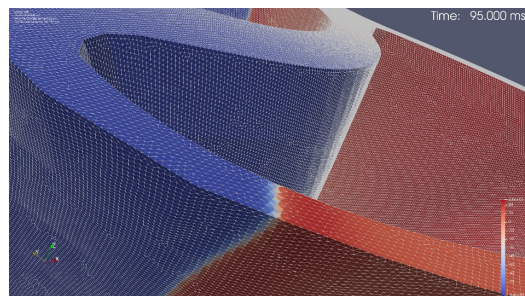
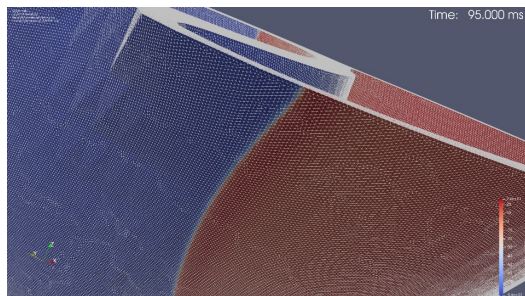
2016年(マグニチュード7.9) ニュージーランド地震

- 観測史上最も複雑な断層形状を3次元で考慮
- 地震時の断層ずれ量分布と動的破壊パターンの再現に成功

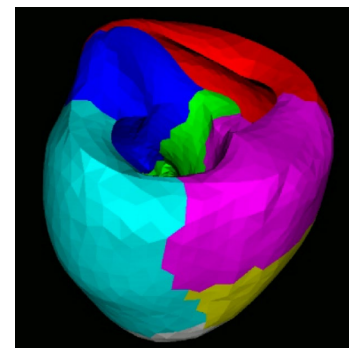
## Background



- Coordinated electrical activities in the heart rely on proper calcium handling at the cellular and subcellular levels.
- Many questions about cardiac electrophysiology remain unanswered.
- We need advances in the realism of mathematical models and simulation resolutions.
- These require developing simulators of electrophysiology that can effectively use modern supercomputers to do “in-silico” experiments.



## Governing equations & numerical scheme



- The 3D solution domain, of an irregular shape, represents an entire heart.
- The mathematical model consists of two parts:
  - The PDE part is a diffusion equation with variable conductivity properties;
  - The ODE part determines  $I_{ion}$  based on a system of nonlinear ODEs modeling a set of state variables inside each cell.

$$\frac{\partial V_m}{\partial t} = \frac{-I_{ion}}{C_m} + \nabla \cdot (\mathbf{D} \nabla V_m)$$

- The irregular 3D domain is discretized by an unstructured tetrahedral mesh.
- There already exists a simulator based on explicit time integration:
  - A 2<sup>nd</sup>-order finite volume method is used to discretize the PDE part;
  - The ODE part is also solved explicitly.
- The simulator’s efficiency and parallel scalability need an extensive study for improvements.

## 深層学習自動チューニングプラットフォーム

- ログインノード上で以下の処理を実行
  - ジョブ並列スクリプト言語(Xcrypt)で記述したジョブ投入モジュールを実行
  - 非同期並列実行型ベイズ的最適化(BO)で生成したパラメータを用いた学習ジョブを計算ノードへ繰り返し投入

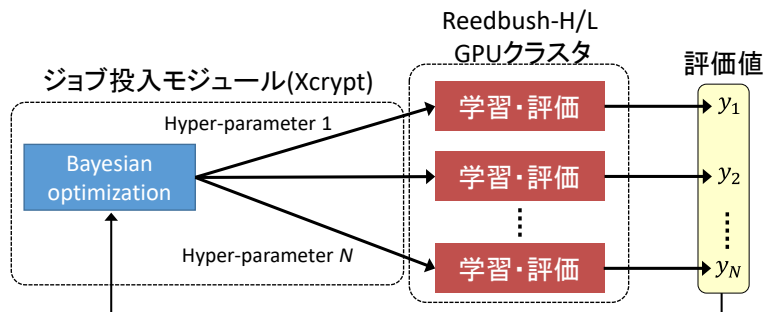
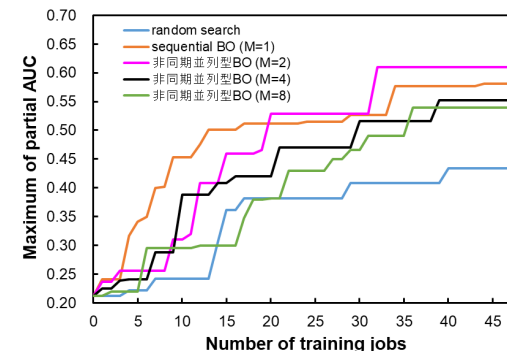


図1: プラットフォームの構成

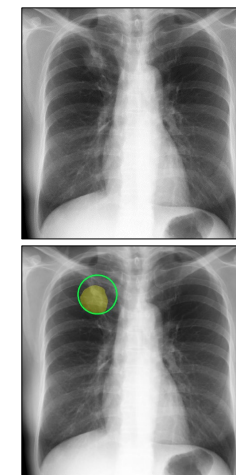
Nomura Y, J Supercomput. 20 Jan 2020 (Epub ahead)

## プラットフォームを用いたチューニング例

### 胸部X線写真の肺腫瘍検出



学習ジョブ数と評価値(partial AUC)の最大値との関係



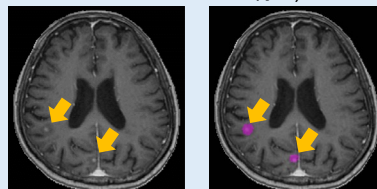
上: 元画像、下: 検出結果  
(黄、緑丸: 病変領域)

Nomura Y, J Supercomput. 20 Jan 2020 (Epub ahead)

## 開発中のソフトウェア

### 頭部造影MR画像の転移性脳腫瘍検出

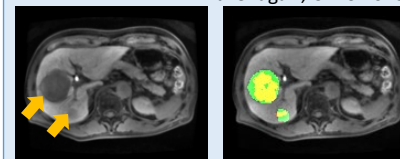
村田, JAMIT2018



検出結果例  
左: 元画像、右: 検出結果(マゼンダ)

### 造影MR画像の肝結節性病変検出

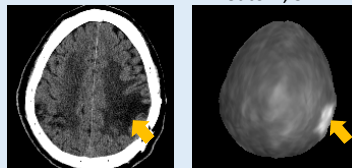
Takenaga T, CARS 2018



検出結果例  
(肝細胞がん、左: 元画像、右: 検出結果)  
●: 検出、●: 過検出、●: 未検出

### 頭部救急CT画像の異常検知

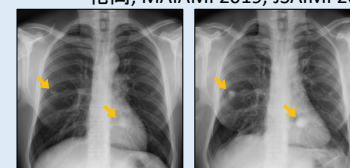
Sato D, SPIE MI 2018



脳梗塞症例  
(左: 元画像、右: 異常度マップ)

### 胸部X線画像の異常強調

花岡, MAIAMI 2019, JSAIMI 2020



強調画像例  
(左: 元画像、右: 強調結果、矢印: 肺腫瘍)

## 血流シミュレーションの高速予測手法の開発

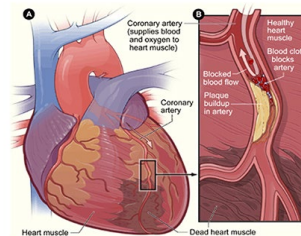
### 背景と目的

- 近年、血流計算や冠動脈狭窄の重症度診断に数値流体力学(CFD)が利用されるようになってきている。
- しかしながら、CFDは大規模な計算資源を必要とするため、その高速化が不可欠である。
- この問題を解決するために、大規模3次元血流シミュレーションを深層学習を用いて近似的に高速に予測する手法を構築することを目指す。

### チャレンジ

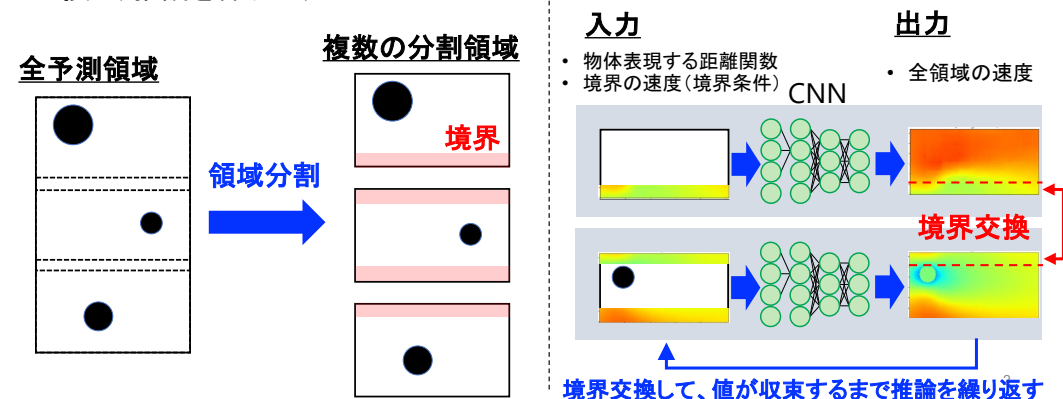
- 深層学習により定常流の結果を予測する手法の開発
- 並列計算による大規模なCFDシミュレーション結果を予測する手法の開発

Adapted from  
<https://www.dr.sureshbhagia.com/patient-guide/overview-of-coronary-artery-disease/>



## 複数領域にまたがるシミュレーション結果の予測

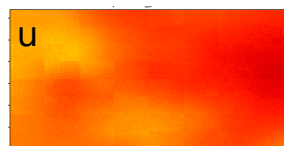
- 単一の領域に対して学習したネットワークモデルを、複数の分割領域のそれぞれに適用して、各分割領域におけるシミュレーション結果を予測する。
- 分割領域の間で予測値の整合性を保つために、隣接する分割領域間で境界交換し、推論を繰り返すことで



## 推論と境界交換による複数領域の予測結果

### CNN 予測

#### 初期予測

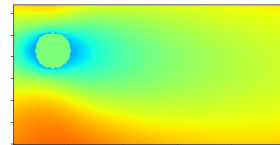
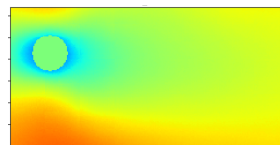
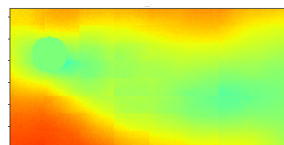
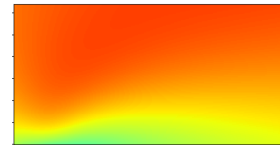
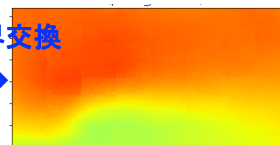
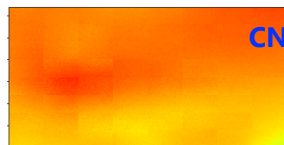


#### 最終予測 (収束)



CNN + 境界交換

### シミュレーション結果





## ハイブリッドクラウド構築とゲノム情報解析の効率的な運用に関する研究

【京大・長崎】

## ヒトゲノム情報解析でより汎用的な解析が求められる解析パイプラインの実装



SINET5

## ヒトゲノム情報解析で超高速な解析が求められる解析パイプラインの実装



## ハイブリッドクラウド構築とゲノム情報解析の効率的な運用に関する研究

【京大・長崎】

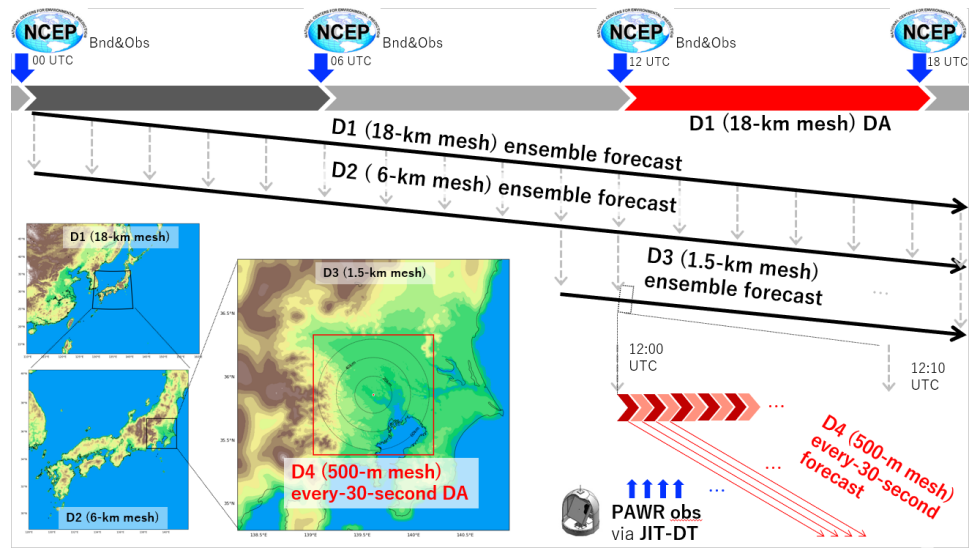


## ヒトゲノム情報解析でより汎用的な解析が求められる解析パイプライン

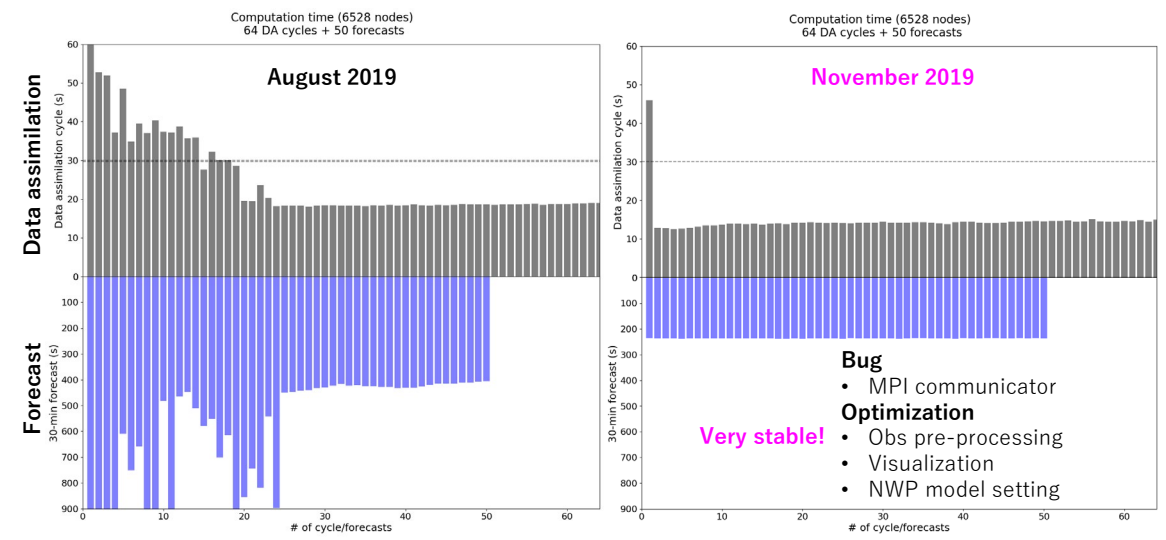
パイプラインはPython / R / C++ / Javaなどさまざまなバイオインフォマティクス解析ソフトウェアのワークフローで構成

処理名称	パイプラインの概要	入力ファイル	出力ファイル
Genotyping	SNPアレイ (Japonica Array (CEL)ファイル) から約66万か所の遺伝型をクラスタリングによって決定するためのパイプライン	CEL	VCF/BED
Imputation	国際1000人ゲノムやその他の全ゲノムリファレンスパネルを用いることでSNPアレイでタイピングされた約66万か所のSNPから数千万のSNP情報を復元するパイプライン	VCF/BED	VCF/BED
GWAS	インピュテーション (1KGP / GRIFFIN Panel など) によって復元された数千万か所の変異情報について指定された条件でフィルタリングを行った後に疾患群と健常群などのcase/controlまたは検査情報などの連続量についての各SNPの偏りを統計手法により検定を行うパイプライン	VCF/BED	TXT
Annotation	GWASによってでてきた結果についてアノテーションを行うパイプライン	VCF/BED	TXT

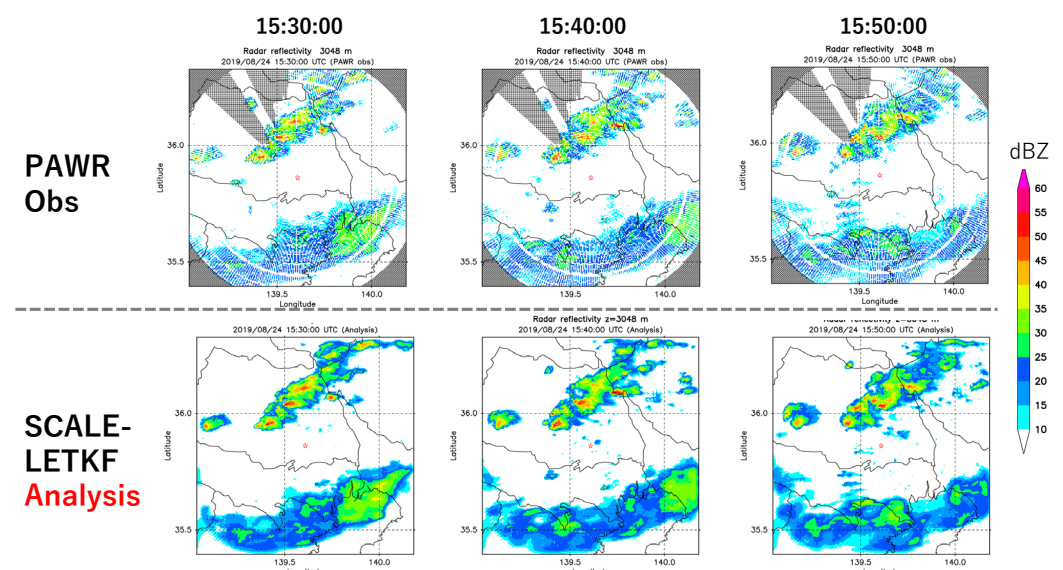
# jh200062 ゲリラ豪雨予測のリアルタイム実証実験 三好建正 理化学研究所



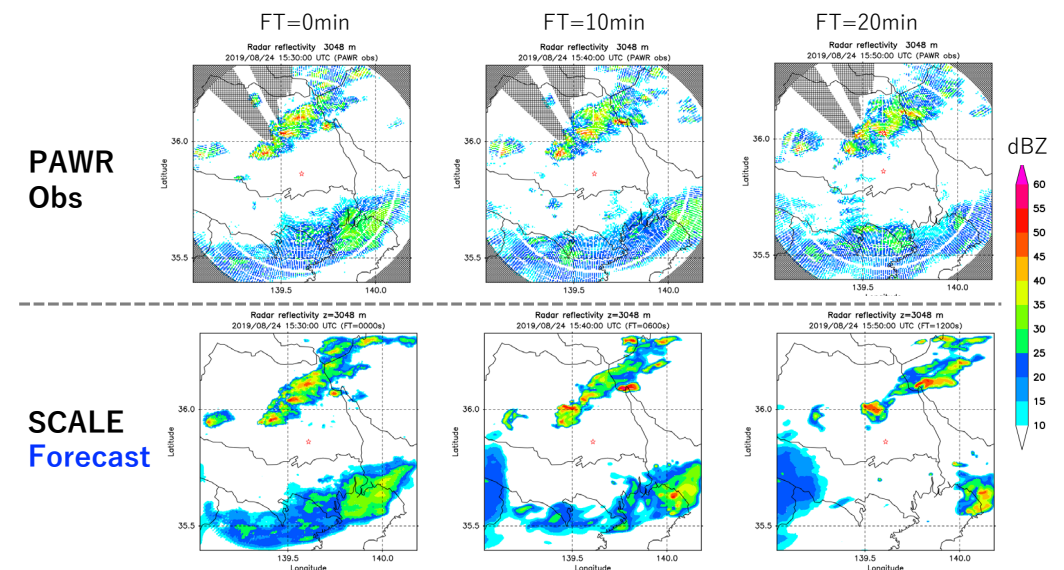
全体のワークフロー



計算性能の向上。上段はデータ同化、下段は30分予報にかかった時間(秒)。(左)2019年8月、(右)2018年11月。



2019年8月24日の事例についてのテスト結果。(上)レーダー観測と(下)SCALE-LETKFによる解析で得られたレーダー反射強度(dBZ)を示す。



2019年8月24日の事例についてのテスト結果。(上)レーダー観測と(下)SCALE-LETKFによる予報で得られたレーダー反射強度(dBZ)を示す。

# 2021年度東大利用課題(OB外:OBCX外部接続)(1/2)

課題番号	課題名・代表者(所属)	RB	OFFP	OB	OB外	W-O	W-A
jh210002-NAHI	Developing Accuracy Assured High Performance Numerical Libraries for Eigenproblems 片桐孝洋(名古屋大学)			○		○	
jh210003-NAH	GPU・CPU・ARMプロセッサに対する原子力CFDアプリケーション用の混合精度ポアソン解法 小野寺直幸(日本原子力研究開発機構)			○			○
jh210004-NAH	電磁流体力学乱流の高精度・高並列LESシミュレーションコード開発研究 三浦英昭(核融合科学研究所)		○			○	
jh210009-MDH	HPCと高速通信技術の融合による大規模データの拠点間転送技術開発と実データを用いたシステム実証試験 村田健史(情報通信研究機構)				○		
h210011-DAH	Deep Learningを用いた医用画像診断支援に関する研究 佐藤一誠(東京大学)	○					○
jh210015-NAH	高性能かつ高信頼な数値計算手法とその応用 荻田武史(東京女子大学)		○	○		○	○
jh210017-MDH	Development of physics informed machine learning for soft matter: polymer flows and beyond John Molina(京大)			○			○
Jh210018-NWH	ハイブリッドクラウド構築とゲノム情報解析の効率的な運用に関する研究 長崎正朗(京都大学)			○	○		
jh210021-MDHI	High resolution simulation of cardiac electrophysiology on realistic whole-heart geometries 中島研吾(東京大学)		○	○		○	
<a href="#">jh210022-MDH</a>	<b>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</b> <b>中島研吾(東京大学)</b>		○	○	○	○	○
jh210023-NAH	時空間領域境界積分方程式法の高速解法の開発と巨大地震シミュレーションへの応用 安藤亮輔(東京大学)		○				

# 2021年度東大利用課題(OB外:OBCX外部接続)(2/2)

課題番号	課題名・代表者(所属)	RB	OFFP	OB	OB外	W-O	W-A
jh210024-NAHI	Hierarchical low-rank approximation methods on distributed memory and GPUs 横田理央(東京工業大学)					○	○
jh210026-NAH	Innovative Multigrid Methods II 藤井昭宏(工学院大学)		○	○		○	
jh210027-NAH	機械学習モデルのリアプノフ指数ならびにリアプノフベクトルの解析 齊木吉隆(一橋大学)		○				
jh210030-DAH	大規模分散医用画像処理に向けた医用画像処理アプリケーションの最適化 大島聡史(名古屋大学)						○
jh210034-NAH	高レイノルズ数乱流のデータ科学プラットフォームの構築 石原卓(岡山大学)		○				
jh210035-NAH	GPUの高速並列計算で実現する交差禁止制御可能な高分子シミュレータの開発 萩田克美(防衛大学校)						○
jh210040-MDH	合成人口プロジェクト:従業地・通学地属性の確率的割当てと深層学習による空中写真からの住宅判別 村田忠彦(関西大学)(HPCI共有ストレージ使用)						
jh210044-NAH	エクサスケール時代の数値計算手法に対する性能予測技術 深谷猛(北海道大学)		○	○		○	
jh210046-NAH	グラフ構造で一般化された動的負荷分散フレームワークの構築と重合メッシュ法への適用 森田直樹(筑波大学)			○			
jh210049-MDH	Developing data driven analysis methods for extreme scale numerical simulations 朝比祐一(日本原子力研究開発機構)						○
jh210051-MDH	Development of Fast Surrogate for Approximating Large-scale 3D Blood Flow Simulation 下川辺隆史(東京大学)	○	○				○
jh211011-NWJ	財務ビッグデータの可視化と統計モデリング 地道 正行(関西学院大学)(FENNEL使用)						

- JHPCNの概要
  - 東大情報基盤センターのスパコン概要
  - Wisteria/BDEC-01
  - Oakbridge-CX
  - Ipomoea-01
  - h3-Open-BDEC
- 
- 利用事例
  - **JHPCN利用申込み**

# 提案書(2022年度は若干変わる可能性あり)

- 3頁以内
  - 研究目的
  - JHPCN公募型共同研究として実施する必要性, 研究の意義, 研究計画
  - これまでの研究成果(継続の場合)
  - 拠点連携課題, 大規模データ・大容量ネットワークにおける具体的計画
  - 主な関連発表成果
- 資源利用計画等(別ファイル)
- 執筆のポイント
  - 明確な目標, 学際的な研究, 学術的意義, JHPCN共同研究としての意義(次頁(再掲))
  - 新規課題は準備が十分整っている(と思わせる)ことが重要
    - これから並列化を始める, というのはやや難しいかも知れない: 個別にご相談ください
    - 継続課題は前年度成果(特に中間報告書段階)をある程度重視
  - 審査は毎年実施されるが, 複数年計画として「研究計画」を記述することは可能
    - 特に新規課題は, 将来へ向けての全体像がより明確になる
  - 明確な資源利用計画(とは言え, なかなか事前に書くのは難しい)
    - ○ノード×○時間×○ケース

# 共同研究のポイント: 全部を満たす, ということではない

- 学際的研究体制
  - 情報科学分野(計算機科学・データ科学)と応用分野による, 学際共同研究の推進
  - 審査においては学際的な研究体制の構築がなされていることを重視
- ソフトウェアおよびデータ活用推進
  - 単なる公開だけでなく, 成果の幅広い利活用を目指す取り組みを高く評価
- IT 基盤技術開発
  - アーキテクチャー, システムソフトウェア, セキュリティ等, IT 技術の基盤的研究につながる課題を高く評価: 各構成研究拠点の研究者との共同研究
- 拠点連携
  - 複数構成拠点の資源を活用, 複数拠点の研究者との連携体制
  - 広域分散型の大規模情報システム, アプリケーションのマルチプラットフォーム実装
- 大規模データ・大容量ネットワーク利用
- 計算機資源の利用のみではなく, 研究開発的要素が大きい課題を採択

# 利用可能な資源

- スパコン等：他大学（他拠点）の資源との併願も可能（推奨）
  - Oakbridge-CX (OBCX)
    - <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/obcx/service/>
    - (要相談)外部接続ノード, Mini-DP利用
  - Wisteria/BDEC-01 (Odyssey, Aquarius)
    - <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/wisteria/service/>
    - (要相談)Odyssey-Aquarius連携, 外部接続 (Aquarius), Wisteria-Messenger利用
  - Ipomoea-01
    - 規定に応じて各ユーザーに配分(予定)
- 基本的に資源の追加はできない
  - 自前の予算で追加することは可能(審査有り)
- 利用ノード数の上限があるが, 1ヶ月に一回「大規模HPCチャレンジ(後述)」で, より大規模な資源を利用可能(後述)
  - 提案書に利用計画として記述することは可能
- OBCX, Aquariusは「ノード固定」可能



# ノード固定

[https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/reedbush/service/fixed\\_node.php](https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/reedbush/service/fixed_node.php)

- ライセンスサーバが必要な商用プログラムを利用したい
- データに対するセキュリティを確保するために、専用HDを使用したい
- データ転送用に専用通信回線を敷きたい
- 一般バッチジョブキューでは対応できないような長時間ジョブを実行したい
- OBCX, Aquariusは「ノード固定」可能: 事前に必ずご相談ください

# Oakbridge-CX(1/2)

- 概要

- Intel Platinum 8280 (Cascade Lake) 搭載
- 全1,368ノードのうち128ノードに高速SSD搭載
  - うち16ノードは外部ネットワークに直接接続する「外部接続ノード」
- ネットワーク経由でssh, scp/sftpを利用したログインノードアクセス, ファイル転送
- 高速なNVMe-SSD搭載ノード, BeeGFS on Demand (BeeOND)によるオンデマンドな単一の共有ファイルシステムを用いたビッグデータ解析

- 特殊な利用形態(要相談)

- 外部接続ノードを利用して, 外部リソース(ストレージ, サーバー, データベース, センサーネットワーク等)に直接接続, リアルタイムデータ取得
- ノード固定, ログインノード持込・カスタマイズ
- SINET L2VPN経由でログインノード, 外部接続ノードへの直接接続
- 東大センター担当窓口 ([uketsuke@cc.u-tokyo.ac.jp](mailto:uketsuke@cc.u-tokyo.ac.jp))宛てご相談ください).

# Oakbridge-CX (2/2)

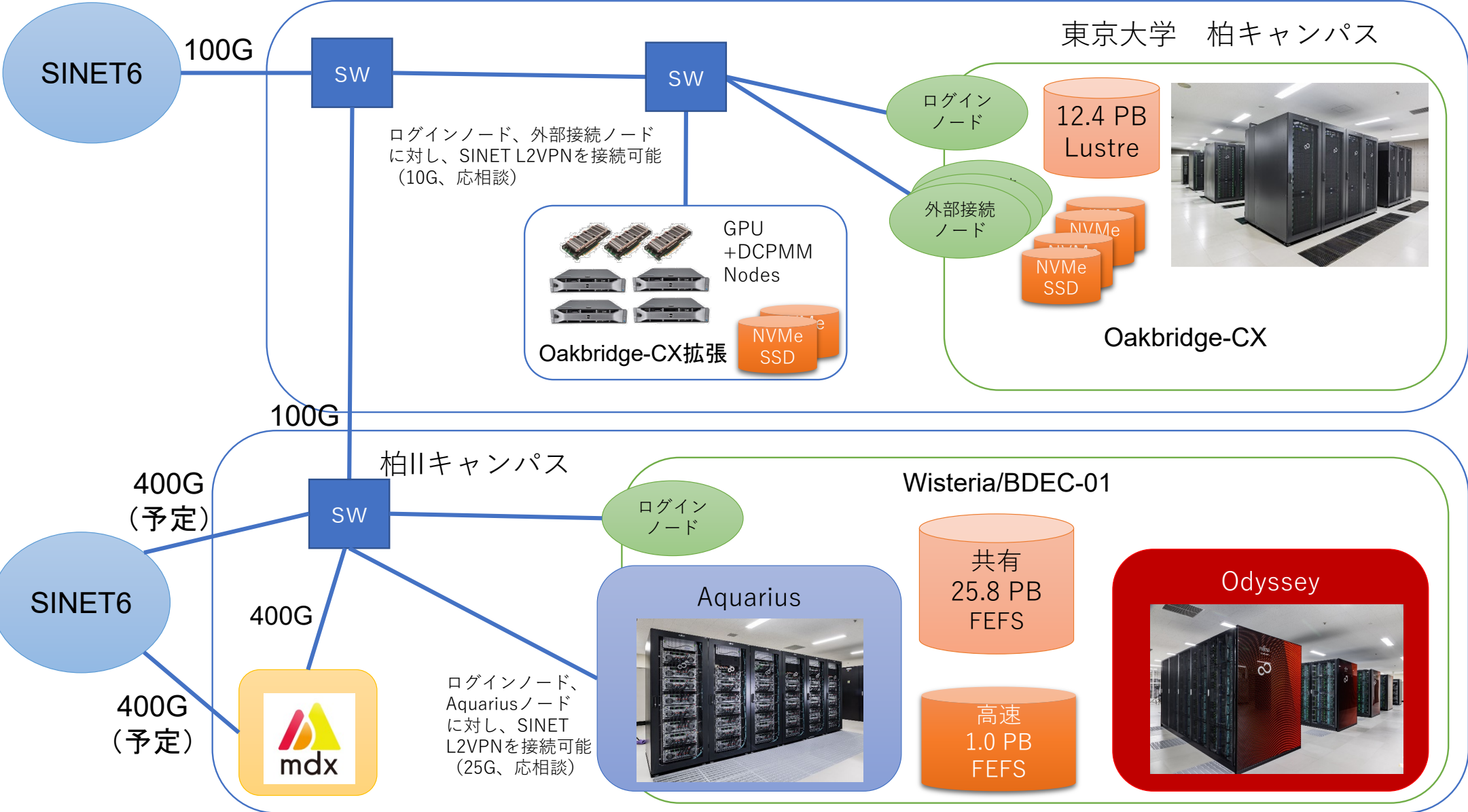
- 課題あたり資源配分(上限)
  - 16ノード年, ストレージ64TB (138,240ノード時間, 1ノード年あたり4TB)
  - 投入可能ジョブ: 最大256ノード (大規模HPCチャレンジ: 1,280ノード)
  - 「外部接続ノード」は1課題あたり1ノードまで
- ソフトウェア
  - 【言語コンパイラ】
    - Fortran, C, C++
  - 【ライブラリ】
    - MPI, BLAS, LAPACK/ScaLAPACK, FFTW, PETSc, METIS/ParMETIS
  - 【アプリケーションソフトウェア】
    - OpenFOAM, ABINIT-MP, PHASE, FrontFlow/Blue, FrontISTR, REVOCAP, ppOpen-HPC, **h3-Open-BDEC**
  - 【コンテナ仮想化】
    - singularity (docker image可能)

# 大規模HPCチャレンジ

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

- 月1回(月末)実施, 公募制, 無料
  - グループまたは個人
  - 基本的に居住者をグループ代表とすることを前提
  - 現ユーザーには限定せず, 大学・研究機関・企業から幅広く募集
  - 外部専門家を含む審査委員会で審査
- **全系を24時間占有利用, 年3回募集(3~4ヶ月分をまとめて募集)**
  - **2021年度は8時間(09:00-17:00)で実施, 2022年1月から24時間体制の予定**
- Oakbridge-CX
  - 上限: 1,280ノード
- Wisteria/BDEC-01
  - Odyssey(6,144ノード)とAquarius(36nノード)は(当面は)別々に実施
- 成果公開: ニュースレターへの寄稿, セミナー等での発表が義務

# 利用可能な資源とSINETとの接続



# Wisteria/BDEC-01 (1/3)

- 概要

- Odyssey: シミュレーションノード群, Fujitsu A64FX 7,680ノード搭載
- Aquarius: データ・学習ノード群, Intel Xeon Platinum 8360Y・NVIDIA A100 Tensorcore 45ノード搭載(ノード当たり8 GPU, 合計360 GPU)
- ネットワーク経由でssh, scp/sftpを利用したログインノードアクセス, ファイル転送
- 高速なファイルシステムを用いたビッグデータ解析が可能
- OdysseyとAquariusを両方使用したい場合は, それぞれ別々に申し込む

- 特殊な利用形態(要相談)

- Aquariusの各ノードは, 外部リソース(ストレージ, サーバー, データベース, センサーネットワーク等)に直接接続可能
- Odyssey・Aquarius連携による「計算・データ・学習」融合(h3-Open-BDEC)
- SINET L2VPN経由でログインノード, 外部接続ノードへの直接接続
- 東大センター担当窓口(uketsuke@cc.u-tokyo.ac.jp)宛てご相談ください).

# Wisteria/BDEC-01 (2/3) : 資源配分(上限)

- ①Odyssey
  - 40ノード年, ストレージ80TB (345,600ノード時間, 1ノード年当たり2TB)
  - 投入可能ジョブ: 最大2,304ノード (大規模HPCチャレンジ: 6,144ノード)
- ②Aquarius (一般利用)
  - 16 GPU年, ストレージ96TB (138,240GPU時間, 1GPU年当たり6TB)
  - 投入可能ジョブ: 最大8ノード (64 GPU) (大規模HPCチャレンジ: 36ノード)
- ③Aquarius (GPU専有)
  - 8 GPU年, ストレージ48TB (69,120 GPU時間, 1 GPU年当たり6TB)
  - 専有できるGPU数は「1,2,4,8」, 申込書類には専有したいGPU数(1,2,4,8)を明記
  - 8GPU専有で申し込む場合は, ログインノード持込・カスタマイズ可能
  - 「Aquarius (GPU専有)」を申し込む場合は必ずuketsuke@cc.u-tokyo.ac.jp)に相談
- Odyssey, Aquariusを両方利用したい場合は, ①及び②または③をそれぞれ申し込む, ①・②・③を全て申し込むことも可能

# Wisteria/BDEC-01 (3/3)

- ソフトウェア

- 【言語コンパイラ】

- Fortran, C, C++

- 【ライブラリ】

- MPI, BLAS, LAPACK/ScaLAPACK, FFTW, PETSc, METIS/ParMETIS

- 【アプリケーションソフトウェア】(一部GPU化非対応)

- OpenFOAM, ABINIT-MP, PHASE, FrontFlow/Blue, FrontISTR, REVOCAP, ppOpen-HPC, **h3-Open-BDEC**

- 【コンテナ仮想化】

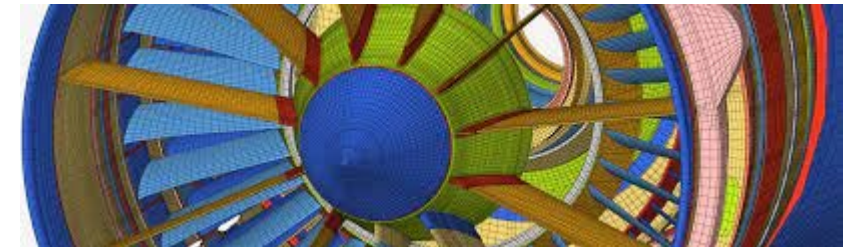
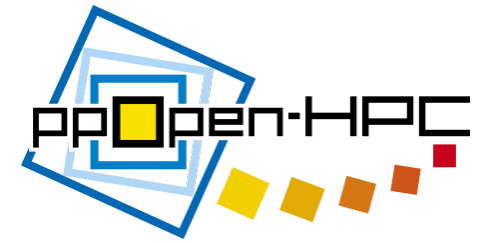
- singularity (docker image可能)



# スパコン利用にあたっての指針(1/3)

## 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(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(導入検討中)
    - OBCX, Aquarius



# スパコン利用にあたっての指針(2/3)

## OBCX, Odyssey, Aquarius

- 計算科学・大規模シミュレーション(S)
- データ科学(D)
- 機械学習・AI(L)
- 「S+D+L」融合
  
- 全てのシステム(OBCX, Odyssey, Aquarius)がそれぞれの項目に対応可能
  - Aquarius(データ・学習ノード)でもシミュレーションはできる
- データ科学(D), 機械学習・AI(L)
  - コンテナ仮想化(Singularity)により対応

# スパコン利用にあたっての指針(3/3)

## OBCX, Odyssey, Aquarius

	OBCX	Odyssey	Aquarius	O+A
計算科学	◎	◎	◎	-
データ科学	◎	◎	◎	-
機械学習・AI	○	○	◎	-
「S+D+L」融合	○	○	◎	◎
商用コード・ MATLAB等	○	×～△	○	-
その他の特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intel Xeon CPUのため特殊なチューニングは必要なく、そこそこの性能が出る</li> <li>外部接続ノード, SSD搭載ノード</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A64FX(Arm)</li> <li>チューニング必須</li> <li>FP16</li> <li>商用コードへの対応がやや遅れている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CPU(Ice Lake):高い推論性能</li> <li>GPU(A100): Tensor Core + Tensor Float [TF32]</li> <li>超大規模シミュレーションには不向き</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O-A連携についてはソフトウェア開発中(h3-Open-BDEC, WaitIO)</li> </ul>

# JHPCN共同研究課題への応募

- 計算科学アプリケーションの並列化
- 計算科学アプリケーションの最適化
  - 「GPU化」はテーマとなりうるが、MPI・OpenMPについては要相談
  - Odyssey向け最適化は十分それだけでテーマとなりうる
  - 得られた知見を利用者へ積極的に公開(Odyssey:名古屋大とも情報を共有)
- マルチフィジックス連成
- 「S+D+L」融合(S+D, S+L)
  - h3-Open-BDEC, h3-Open-UTIL/MP, WaitIO-Socket活用:検証, 改良に貢献
- 特に, リアルタイムデータ処理を含む場合
  - OBCX(外部接続ノード), Aquarius(またはMessenger)
  - 大規模並列処理が必要となるような場合を想定
  - 単にデータを取得, 貯蔵する場合は「分野2」へ応募されるのが良いかも知れない
- 困ったことがありましたら, お気軽にご相談ください。(募集要項が)威圧的な書き方ですみません。

- JHPCNの概要
  - 東大情報基盤センターのスパコン概要
  - Wisteria/BDEC-01
  - Oakbridge-CX
  - Ipomoea-01
  - h3-Open-BDEC
- 
- 利用事例
  - JHPCN利用申込み
  - **番外編:代替制度**

# JHPCNは少しハードルが高いと感じられる場合

- 無料・審査無し
  - お試しスパコン利用(無料体験)
  - お試しアカウント付き並列プログラミング講習会
- 無料・審査あり: JHPCNの一步手前の位置づけ
  - 若手女性利用
  - AI for HPC: 特にこれから「計算+データ+学習」融合にとりかかろうとしている場合
- 有料・報告義務あり
  - トライアル利用(通常の30%の負担金)
  - 企業の場合は事前審査あり, 最初の3ヶ月間は無料
- 「企業利用」も含めて2022年1月22日(金)1300-1500に来年度公募説明会を予定している
- まだアプリを並列化できていない, という方々(講習会受講者)のための制度を検討中

# 2022年度以降諸制度(予定)(○:代表者, △:参加者)

制度名	種別	大学等	企業	学生	個人	審査	無料	報告書	A	B	C	D	備考	募集
通常利用	一般	○	△	○					✓	✓	✓			随時
	トライアル	○	△	○				✓			✓	✓	年度内	随時
お試し利用		○	○	○	✓		✓				✓	✓	1ヶ月限定	随時
JHPCN		○	○	△		書類	✓	✓		✓				年1回(1月)
HPCI	一般・若手	○	△	△		書類	✓	✓		✓				年1回(10-11月)
	産業		○			書類	✓	✓		✓				
若手女性	一般	○	○	○	✓	書類	✓	✓		✓	✓			年2回(8・2月)
	インターン			○	✓	書類	✓	✓			✓			年1回(夏季)
AI for HPC		○	○	△		書類	✓	✓		✓	✓			年1回(2月)
HPCチャレンジ		○	○	○		書類	✓	✓						年数回
講習会		△	△	△	✓		✓						1ヶ月有効UID	年20回程度
教育利用		○	○	○		書類	✓	✓					企業研修等可	随時
企業利用	一般	△	○	△		+面接		✓		✓				年2回(8・2月)
	トライアル	△	○	△		+面接	一部	✓			✓	✓	3ヶ月無料 年度内	随時, 年4回審査

(A:トークン移行, B:ノード固定, C:Odyssey⇔Aquarius移行可能, D:1システム1回限り応募可能)

# お試しスパコン利用(無料体験)

[https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/guide/trial/free\\_trial.php](https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/guide/trial/free_trial.php)

- スーパーコンピュータを初めてご利用される方を対象として、スーパーコンピュータを無料でお試しいただけるサービスを提供
  - 研究者や技術者の方が、試しにちょっとスパコンに触れてみたい、お手持ちのプログラム・アプリケーションを実行し性能・利用性等を評価したい、などスーパーコンピュータを本格的に利用するかどうか検討する機会としてご利用いただく
- お試し利用終了後、「スパコンを本格的に利用したい」という見通しがつきましたら、一般利用やトライアルユース(有償)に移行することも可能
- 利用期間1ヶ月間(延長無し), 利用ノード数・実行時間制限有り(15分程度)
  - ウェブページやマニュアル等の情報のみを元に利用できる程度の経験と知見を有している方々によるご利用を想定
  - もしそのような経験がない場合には、「お試しアカウント付き並列プログラミング講習会」の受講を検討いただく



# お試しアカウント付き並列プログラミング講習会

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

- Wisteria/BDEC-01, Oakbridge-CX, Oakforest-PACSを利用した講習会
- 2020年度から完全オンラインで実施: 年20回程度, 概して好評(移動不要)
- 既存利用者に限定せず, 企業の技術者・研究者も受講可能
  - ✓ 受講者の1/2~2/3は企業から受講: 裾野拡大に大きな貢献
  - ✓ PCクラスタコンソーシアム(実用アプリケーション部会)と共催
- 1~2日間の講習, 1ヶ月有効な「お試しアカウント」
  - ✓ スパコン超入門: Linuxの使い方
  - ✓ MPI基礎, MPI応用(並列有限要素法), マルチコアプログラミング
  - ✓ GPUプログラミング, GPUミニキャンプ(ハッカソン)
  - ✓ ライブラリ利用(センター教員開発のライブラリ普及)
  - ✓ OpenFOAM(初級, 中級)
  - ✓ Altair HyperWorks
  - ✓ 利用ノード数, 実行時間に制限あり, スパコンを使用しない講義もある

# GPUミニキャンプ（オンライン）開催（1/2）

- ミニキャンプとは？
  - 参加者がコードやデータセットを持ち込み、CUDA、OpenACC、Deep Learning など、GPUに関連した課題に対して、メンターからの助言を受けながら、その課題解決に取り組みます。
- メンター
  - エヌビディア合同会社、東大情報基盤センターなどから参加し、参加者の課題解決にご協力します。
- **高性能計算(HPC)と深層学習(DL)向けに、下記の日程で開催**
  - **HPC**：6月22日（火）、29日（火）（23-28日は各チームで実践）
  - **DL**：6月23日（水）、30日（水）（24-29日は各チームで実践）
  - 各チームで実践中は、ベストエフォートでメンターがQ&A対応



終了

# GPUミニキャンプ（オンライン）開催（2/2）

- 実施形式
  - Zoom と Slack を使ったオンライン形式
- 参加資格
  - 国公立大学・高専の教員・学生・研究生
  - 研究機関研究員
  - 企業に所属する研究者・技術者（非営利目的に限る）
  - 作業に必要なコードおよびデータセット等をセンターに持ち込める方。
  - コマンドラインによるLinux上での作業やエディタ利用に支障のない方
  - 基本的に2日間ご参加いただける方（途中の一時的な離席は自由）
- 参加申込
  - **申込締切：6月7日（月）（HPC、DLともに共通）**
  - HPC、DLともに、それぞれ8チーム程度を募集
- 詳細と参加申込はこちら
  - HPC: <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/158/>
  - DL: <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/events/lectures/159/>

終了

# 若手・女性利用

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

- 対象
  - 若手研究者(各年度4月1日現在において40歳以下), 女性研究者, 学生
- 一般枠(1月, 7月の年2回募集)(次回は2022年年明けに募集開始)
  - 個人研究, 企業もOK
  - 非居住者は原則認めないが, 来日6ヶ月未満の留学生@国内は可能(閲覧制限等有)
  - 4月開始:1年または半年, 10月開始:半年
- インターン制度(6月頃募集)
  - 学部学生・大学院生を対象(個人研究), 主に夏期(期間は半年)
  - グループ利用は2022年度から廃止(「教育利用」へ移行)
- 成果公開
  - 報告書(ニューズレターへの寄稿), 報告会
- 特に優れた一般枠課題は, JHPCN萌芽型共同研究課題として推薦
  - 7月のシンポジウムでポスター発表できる

# 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)

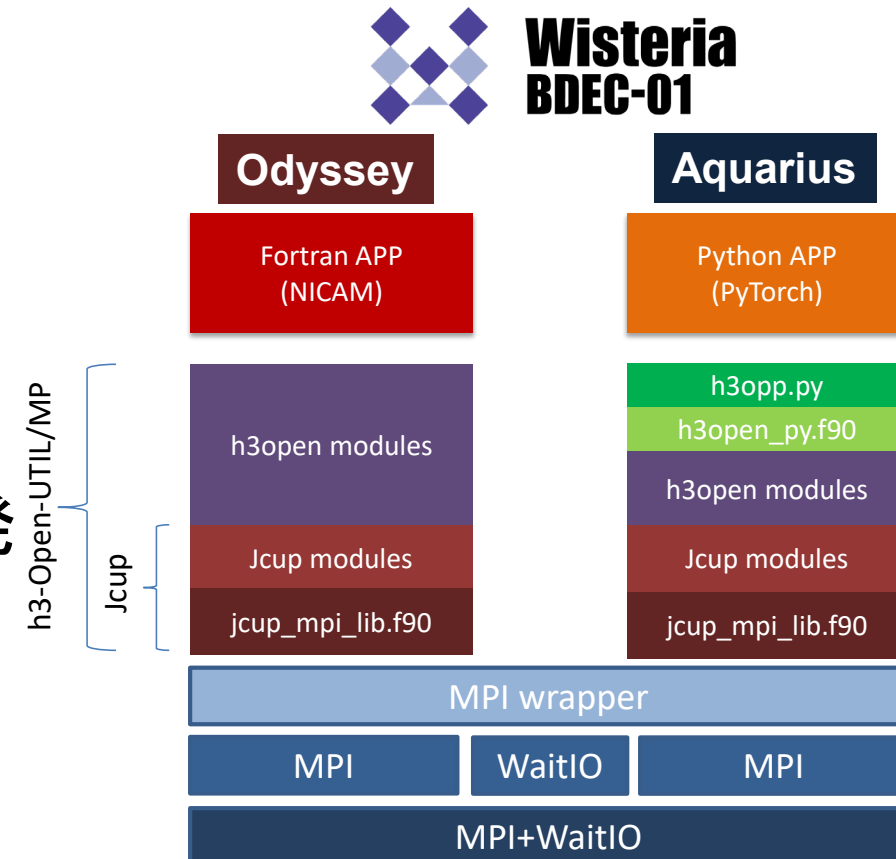
<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/guide/exploratory/AIforHPC/>

- (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/AlforHPC/>

- 原則年1回募集
  - 次回は2022年年明け, 2022年4月開始
- 計算機資源を無償で提供(負担金50万円相当)
  - OFP(2021年度), 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



# 大学・研究機関向け:トライアル

- 負担金は「一般利用」の30%
- 成果報告書(終了後1ヶ月以内)
- 最大1年, 年度末まで(例えば10月に初めても翌年3月末で終了)
- 1システムにつき1回しかトライアルユースは利用できない
- ノード固定・トークン移行不可(O⇔A可能)(2022年度から改訂予定)
  - Wisteria/BDEC-01, OBCX 1セット/年
- <https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/guide/trial/>

# 企業利用(トライアル):2022年度から改善(予定)

<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/guide/trial/company.php>

- 「企業利用(トライアル)」:1システム1回限り
  - 「提案書+面接審査」がある以外は「トライアル」とほぼ同じ, 1システム1回限
    - ✓ Wisteria/BDEC-01 最大6セット(追加可能, 合計最大6セット年(6ノード年)以下)
    - ✓ OBCX 最大4セット(追加可能, 合計最大4セット年(4ノード年)以下)
  - 負担金「企業利用(一般)」の30%
  - 最大12ヶ月(年度内, 最初の3ヶ月無料(無料期間のみ可))
  - 随時申込受付, 年4回審査(面接)
  - 最低1名は当該システムでの講習会受講経験あることが必要(当初申込時)
  - 成果報告書提出(終了後1ヶ月以内), 中間報告会
  - ノード固定・トークン移行不可(O⇔A可能), ノード時間制限有り
- パーソナル, グループの区別を無しとする(グループ・個人で応募可能)
- 「企業利用(トライアル)」終了後の道筋⇒企業利用(一般)(別途審査あり)