

(計算・データ・学習)融合 スーパーコンピュータ 「Wisteria/BDEC-01」

10月22日(金) 15:00-15:25

10月23日(土) 11:30-11:55, 15:00-15:25, 16:30-16:55

10月24日(日) 10:00-10:25, 13:00-13:25, 16:00-16:25



Wisteria
BDEC-01

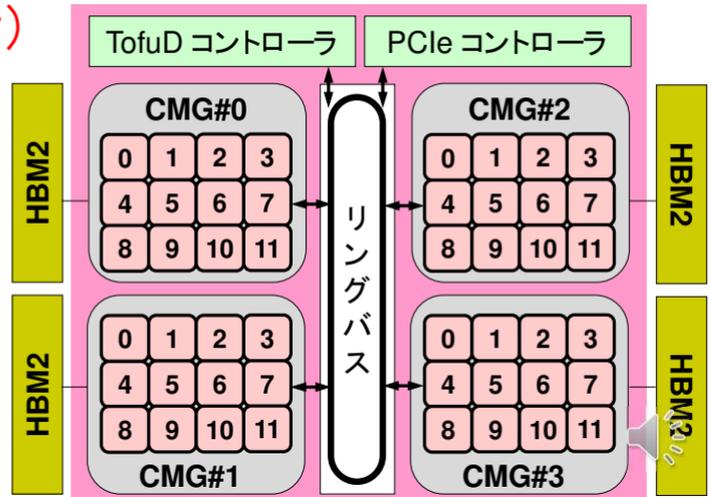
東京大学情報基盤センター
スーパーコンピューティング研究部門
<http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/>
問合せ先: uketsuke@cc.u-tokyo.ac.jp

スーパーコンピュータ(スパコン)の性能

- FLOPS値 (Floating Point Operations per Second, 浮動小数点演算)
 - 1秒当たりの実数演算性能
 - 10^6 FLOPS= 1 Mega FLOPS = 1 MFLOPS (百万)
 - 10^9 FLOPS= 1 Giga FLOPS = 1 GFLOPS (十億)
 - 10^{12} FLOPS= 1 Tera FLOPS = 1 TFLOPS (兆)
 - 10^{15} FLOPS= 1 Peta FLOPS = 1 PFLOPS (千兆)
 - 10^{18} FLOPS= 1 Exa FLOPS = 1 EFLOPS (百京) 京コンピュータ: 10PFLOPS

- 東大センターの「Wisteria/BDEC-01 (Odyssey) (シミュレーションノード群)」

- Fujitsu/Arm A64FX, 1コア性能は70.4GFLOPS
 - 1秒間に704億回の倍精度実数演算
- 1ノード: 48コア
 - 3,379.2 GFLOPS= 3.379 TFLOPS
 - 3兆3,792億回
- 全システム: 7,680 ノード
 - 25.95 PFLOPS: 2京5,952兆2,600億回



TOP 500

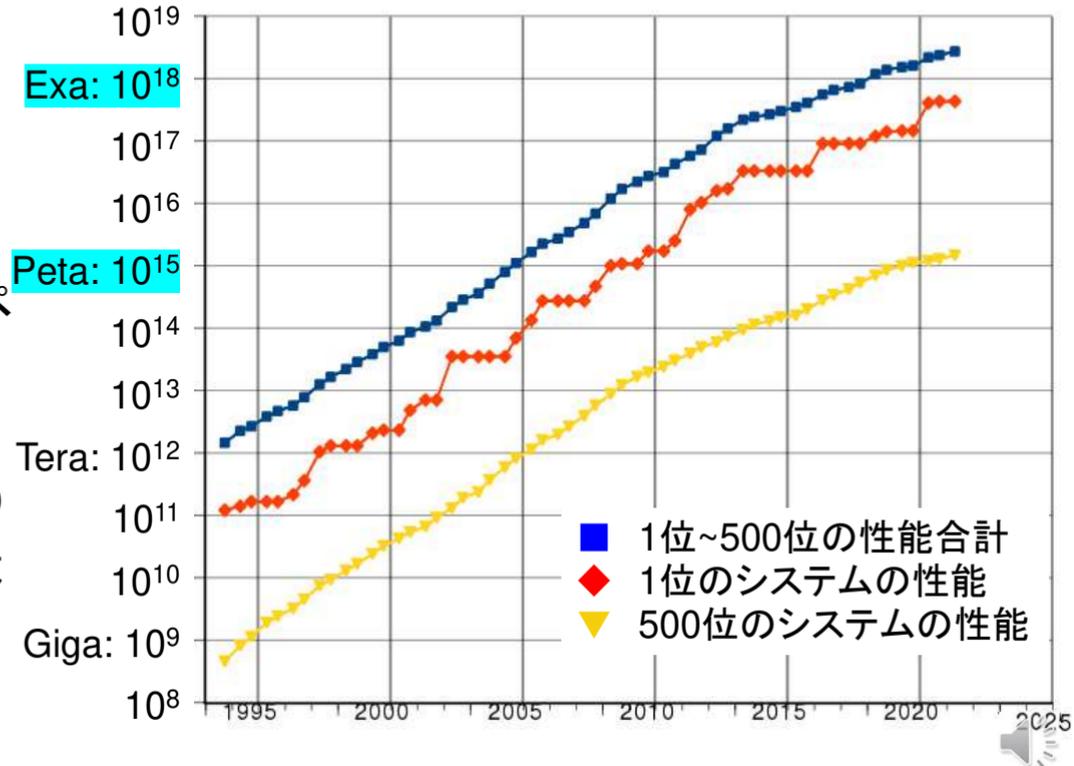
- <http://www.top500.org/>
- 世界のスパコンのランキング(1993年から年2回(6月・11月)更新)
- HPL (High-Performance Linpack) という大規模な連立一次方程式を解くベンチマークの性能(FLOPS値)でランク付け(iPhone・Android版もある)
 - iPhone・Androidも一種のマルチコアCPU: 並列処理可能
- 現在の1位は「富岳(理化学研究所)」(442 PFLOPS, 物理ピーク性能514 PFLOPS)(2021年6月現在)
 - HPL計測時の消費電力は約30MW
 - 日本の原発の最大出力は1基1,000MW級(100万キロワット)



TOP500の歴史 (1993年6月～)

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

- 10-12年毎に1,000倍性能向上, というペース
- 1位システムは5-6年で圏外
 - 世界的な経済停滞によりこのペースは鈍りつつある
- 現トップクラスシステム
 - 数100PFLOPS級 (Peta= 10^{15})
 - Exa-FLOPS (= 10^{18}) の出現は2021年11月か?
 - 消費電力は数十MW級
 - 年間の電気代は1億円強/MW



57th TOP500 List (June, 2021)

 R_{\max} : Performance of Linpack (TFLOPS) R_{peak} : Peak Performance (TFLOPS), Power: kW

	Site	Computer/Year Vendor	Cores	R_{\max} (TFLOPS)	R_{peak} (TFLOPS)	Power (MW)
1	<u>Fugaku, 2020, Japan</u> R-CCS, RIKEN	Fujitsu PRIMEHPC FX1000, Fujitsu A64FX 48C 2.2GHz, Tofu-D	7,630,848	442,010 (= 442.0 PF)	537,212.0	29.899
2	<u>Summit, 2018, USA</u> 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	10.096
3	<u>Sierra, 2018, USA</u> 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	7.438
4	<u>Sunway TaihuLight, 2016, China</u> National Supercomputing Center in Wuxi	Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway	10,649,600	93,015	125,436	15.371
5	<u>Perlmutter, 2021, USA</u> DOE/NERSC/LBNL	HPE Cray EX235n, AMD EPYC 7763 64C 2.45GHz, NVIDIA A100 SXM4 40 GB, Slingshot-10	706,304	64,590	89,794	2.528
6	<u>Selene, 2020, USA</u> NVIDIA	NVIDIA DGX A100 SuperPOD, AMD EPYC 7742 64C 2.25GHz, NVIDIA GA100, Mellanox Infiniband HDR	555,520	63,460	79,215.0	2.646
7	<u>Tianhe-2A, 2018, China</u> 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	18.482
8	<u>JUWELS Booster Module, 2020, Germany</u> Julich (FZJ)	Bull Sequana XH2000, AMD EPYC 7402 24c 2.8GHz, NVIDIA A100, Mellanox InfiniBand HDR	449,280	44,120	70,980	1.764
9	<u>HPC5, 2020, Italy</u> Eni S.p.A.	Dell C4140, Xeon Gold 6252 24c 2.1GHz, NVIDIA Volta GV100, Mellanox InfiniBand HDR	669,760	35,450	51,720	2.252
10	<u>Frontera, 2019, USA</u> Texas Advanced Computing Center	Dell C6420, Xeon Platinum 8280 28c 2.7GHz, Mellanox InfiniBand HDR	448,448	23,516	38,746	

57th TOP500 List (June, 2021)

R_{max}: Performance of Linpack (TFLOPS)

R_{peak}: Peak Performance (TFLOPS)

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

HPL
性能

物理
ピーク
性能

消費
電力

	Site	Computer/Year Vendor	Cores	R _{max} (TFLOPS)	R _{peak} (TFLOPS)	Power (MW)
1	<u>Fugaku, 2020, Japan</u> R-CCS, RIKEN	Fujitsu PRIMEHPC FX1000, Fujitsu A64FX 48C 2.2GHz, Tofu-D	7,630,848	442,010 (= 442.0 PF)	537,212.0	29.899
2	<u>Summit, 2018, USA</u> 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	10.096
3	<u>Sierra, 2018, USA</u> 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	7.438
4	<u>Sunway TaihuLight, 2016, China</u> National Supercomputing Center in Wuxi	Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway	10,649,600	93,015	125,436	15.371
5	<u>Perlmutter, 2021, USA</u> DOE/NERSC/LBNL	HPE Cray EX235n, AMD EPYC 7763 64C 2.45GHz, NVIDIA A100 SXM4 40 GB, Slingshot-10	706,304	64,590	89,794	2.528
6	<u>Selene, 2020, USA</u> NVIDIA	NVIDIA DGX A100 SuperPOD, AMD EPYC 7742 64C 2.25GHz, NVIDIA GA100, Mellanox Infiniband HDR	555,520	63,460	79,215.0	2.646
7	<u>Tianhe-2A, 2018, China</u> 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	18.482
8	<u>JUWELS Booster Module, 2020, Germany</u> Julich (FZJ)	Bull Sequana XH2000, AMD EPYC 7402 24c 2.8GHz, NVIDIA A100, Mellanox InfiniBand HDR	449,280	44,120	70,980	1.764
9	<u>HPC5, 2020, Italy</u> Eni S.p.A.	Dell C4140, Xeon Gold 6252 24c 2.1GHz, NVIDIA Volta GV100, Mellanox InfiniBand HDR	669,760	35,450	51,720	2.252
10	<u>Frontera, 2019, USA</u> Texas Advanced Computing Center	Dell C6420, Xeon Platinum 8280 28c 2.7GHz, Mellanox InfiniBand HDR	448,448	23,516	38,746	

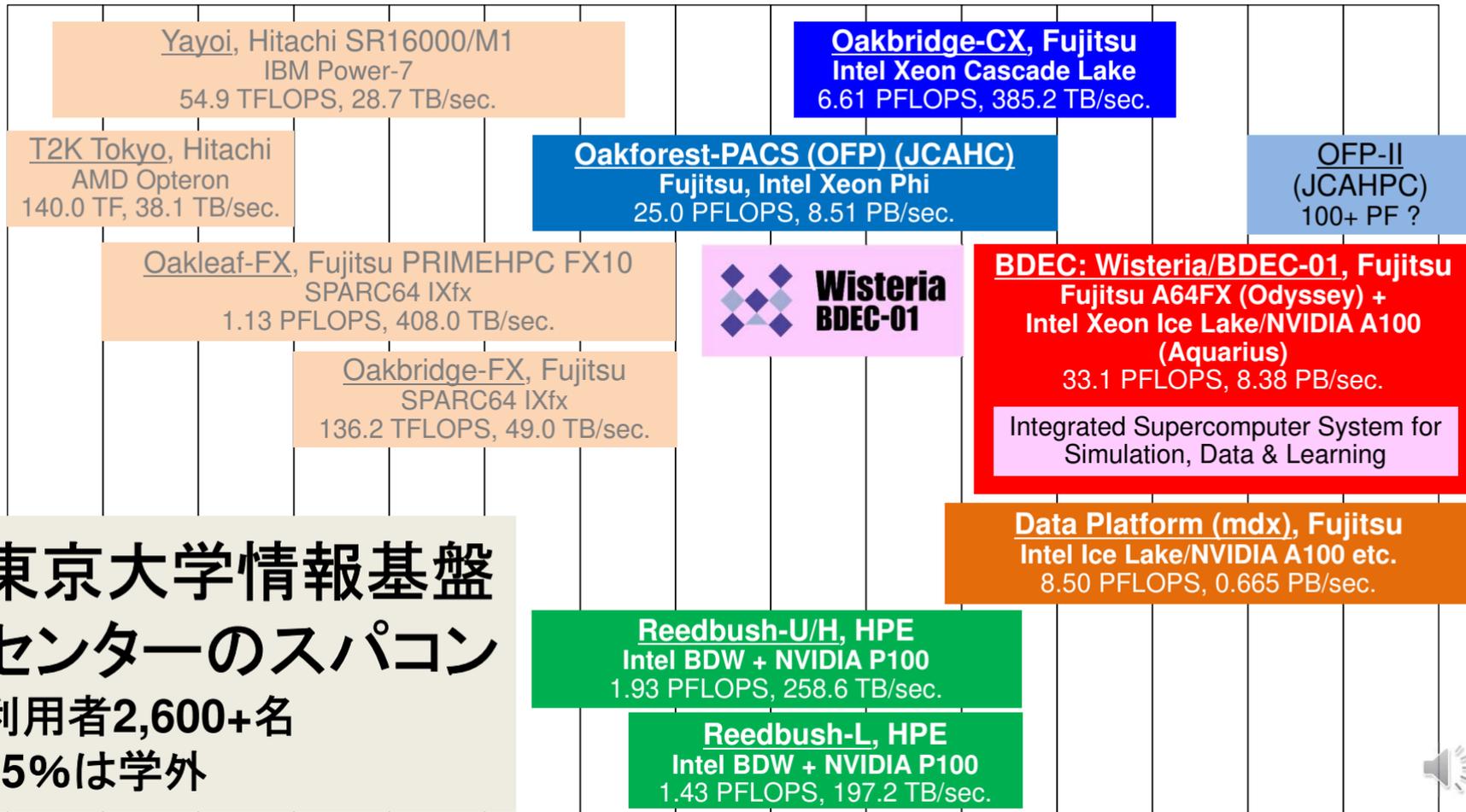
57th TOP500 List (June, 2021)

 R_{\max} : Performance of Linpack (TFLOPS) R_{peak} : Peak Performance (TFLOPS), Power: kW

GPU搭載システム

	Site	Computer/Year Vendor	Cores	R_{\max} (TFLOPS)	R_{peak} (TFLOPS)	Power (MW)
1	<u>Fugaku, 2020, Japan</u> R-CCS, RIKEN	Fujitsu PRIMEHPC FX1000, Fujitsu A64FX 48C 2.2GHz, Tofu-D	7,630,848	442,010 (= 442.0 PF)	537,212.0	29.899
2	<u>Summit, 2018, USA</u> 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	10.096
3	<u>Sierra, 2018, USA</u> 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	7.438
4	<u>Sunway TaihuLight, 2016, China</u> National Supercomputing Center in Wuxi	Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway	10,649,600	93,015	125,436	15.371
5	<u>Perlmutter, 2021, USA</u> DOE/NERSC/LBNL	HPE Cray EX235n, AMD EPYC 7763 64C 2.45GHz, NVIDIA A100 SXM4 40 GB, Slingshot-10	706,304	64,590	89,794	2.528
6	<u>Selene, 2020, USA</u> NVIDIA	NVIDIA DGX A100 SuperPOD, AMD EPYC 7742 64C 2.25GHz, NVIDIA GA100, Mellanox Infiniband HDR	555,520	63,460	79,215.0	2.646
7	<u>Tianhe-2A, 2018, China</u> 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	18.482
8	<u>JUWELS Booster Module, 2020, Germany</u> Julich (FZJ)	Bull Sequana XH2000, AMD EPYC 7402 24c 2.8GHz, NVIDIA A100, Mellanox InfiniBand HDR	449,280	44,120	70,980	1.764
9	<u>HPC5, 2020, Italy</u> Eni S.p.A.	Dell C4140, Xeon Gold 6252 24c 2.1GHz, NVIDIA Volta GV100, Mellanox InfiniBand HDR	669,760	35,450	51,720	2.252
10	<u>Frontera, 2019, USA</u> Texas Advanced Computing Center	Dell C6420, Xeon Platinum 8280 28c 2.7GHz, Mellanox InfiniBand HDR	448,448	23,516	38,746	

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

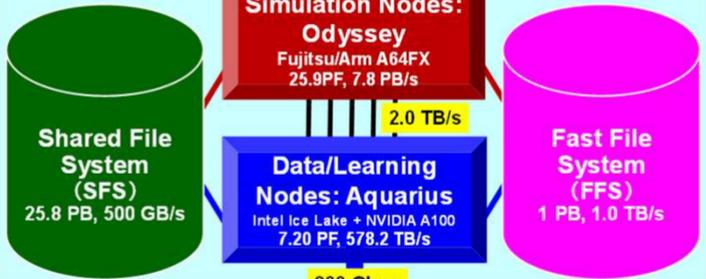


東京大学情報基盤
センターのスパコン
利用者2,600+名
55%は学外





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



External Resources



External Network



External Resources



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 (Reedbush-H/L)

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, #32 in 57th TOP 500 (June 2020)

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

- 2019年7月～2023年6月末(予定)
- 6.61 PF, #97 in 57th TOP500

Wisteria/BDEC-01 (Fujitsu)

- シミュレーションノード群 (Odyssey) : A64FX
- データ・学習ノード群 (Aquarius) : Intel Xeon Icelake + NVIDIA A100
- 33.1 PF, #13 in 57th 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)



Wisteria
BDEC-01

Simulation Nodes
(Odyssey)



Wisteria
BDEC-01

Data/Learning Nodes
(Aquarius)



Reedbush



Oakforest-PACS

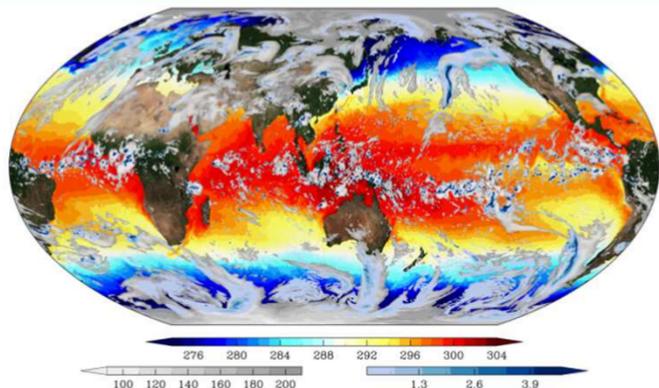


Oakbridge-CX

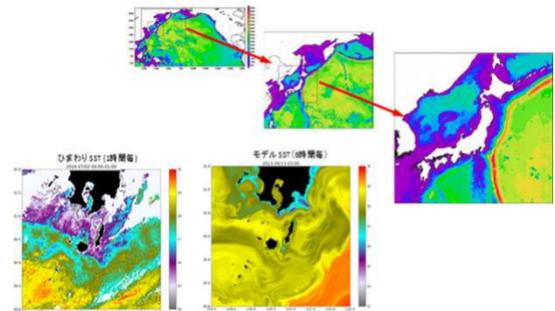
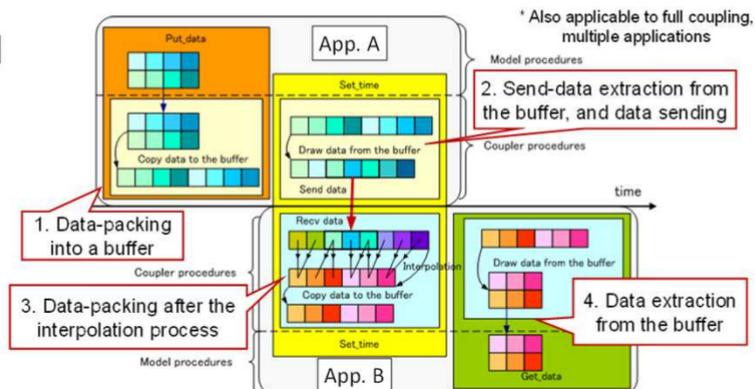
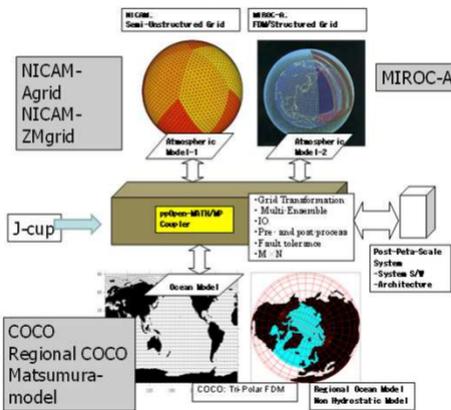
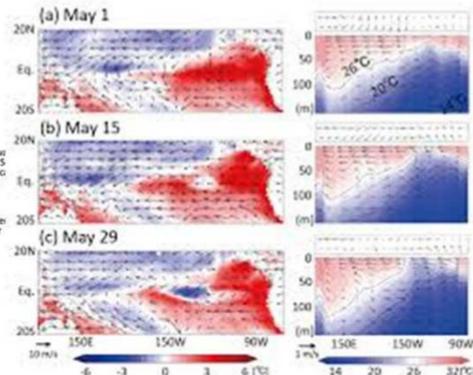
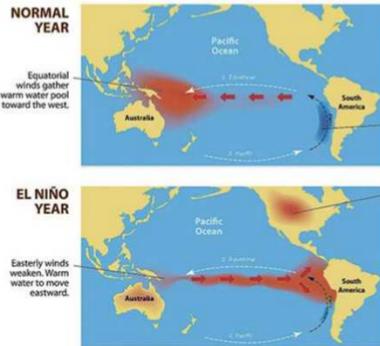


全地球大気・海洋シミュレーション(気候・気象)

東大大気海洋研究所, 東大理学系研究科等



THE EL NIÑO PHENOMENON



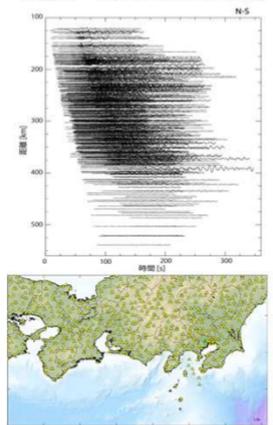
[画像提供: 佐藤正樹教授・羽角博康教授(東大・大気海洋研)]

地震シミュレーション・地殻変動

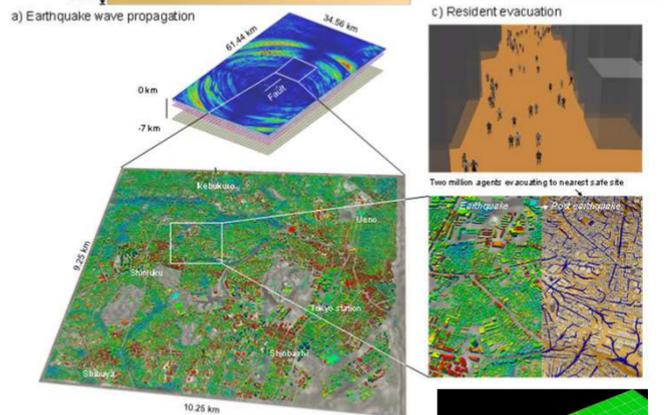
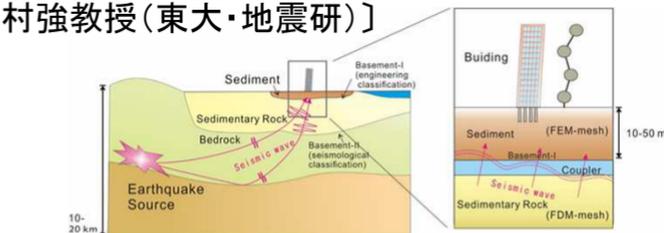
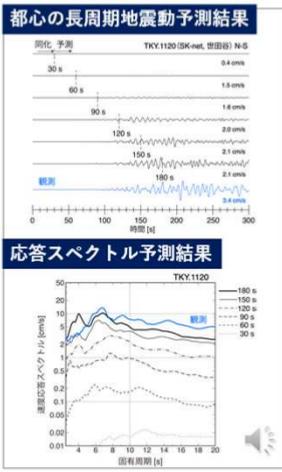
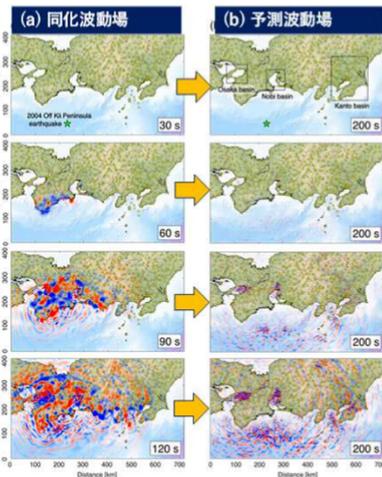
東大地震研究所, 東大理学系研究科等

[画像提供: 古村孝志教授・市村強教授(東大・地震研)]

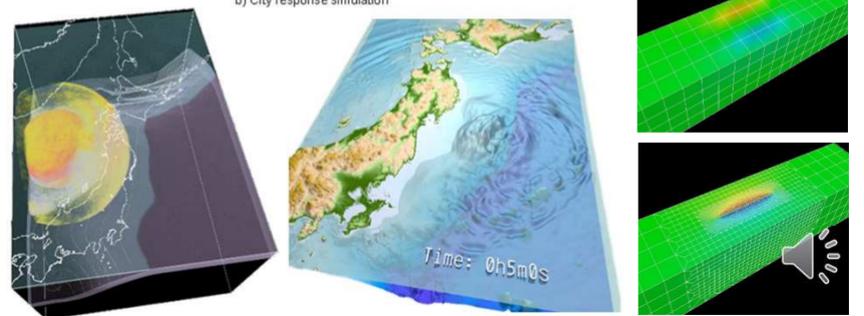
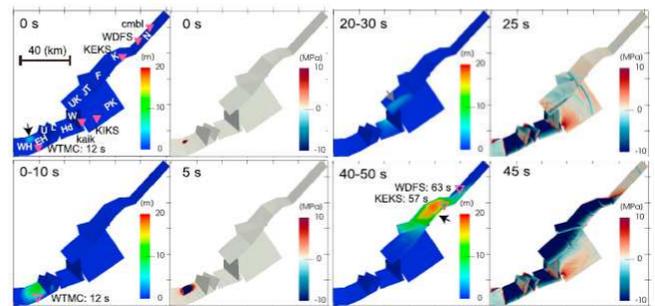
○ 使用データ(K-NET, KIK-net 446点)



90秒間の同化→予測計算



[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)〕

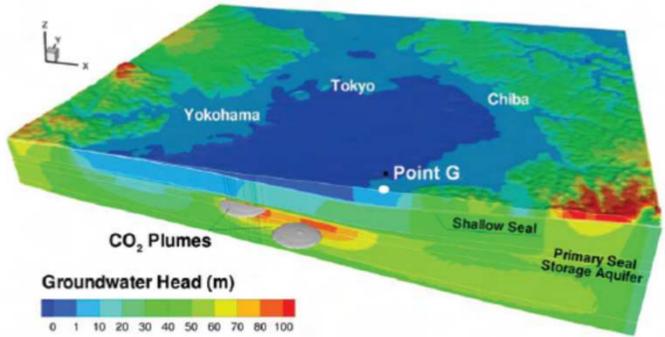
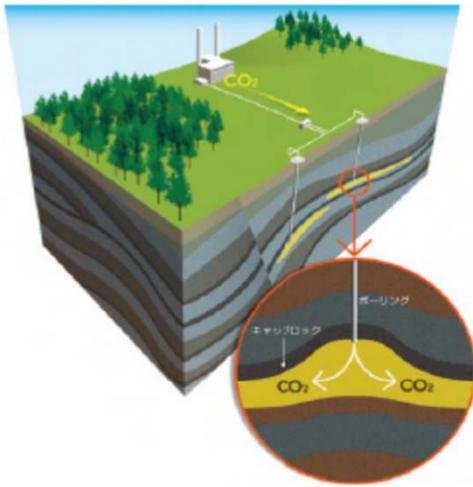
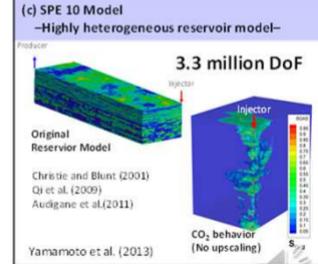
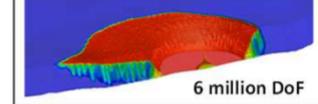
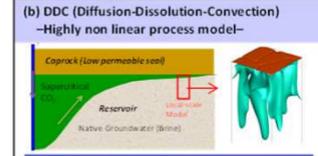
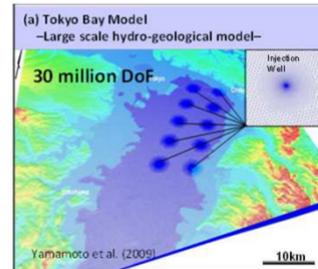


図-4 CO₂ 注入後の地下水圧 (全水頭換算) の分布 (100 年後)



※DOF: degrees of freedom

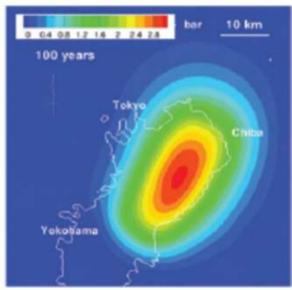
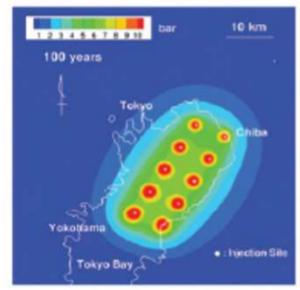
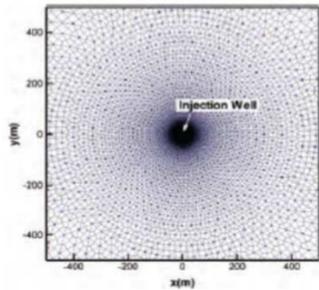
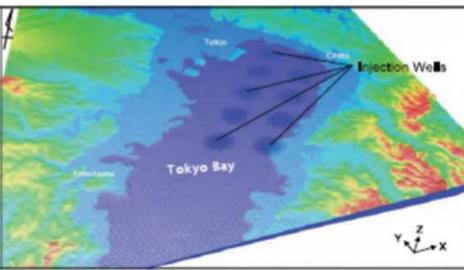
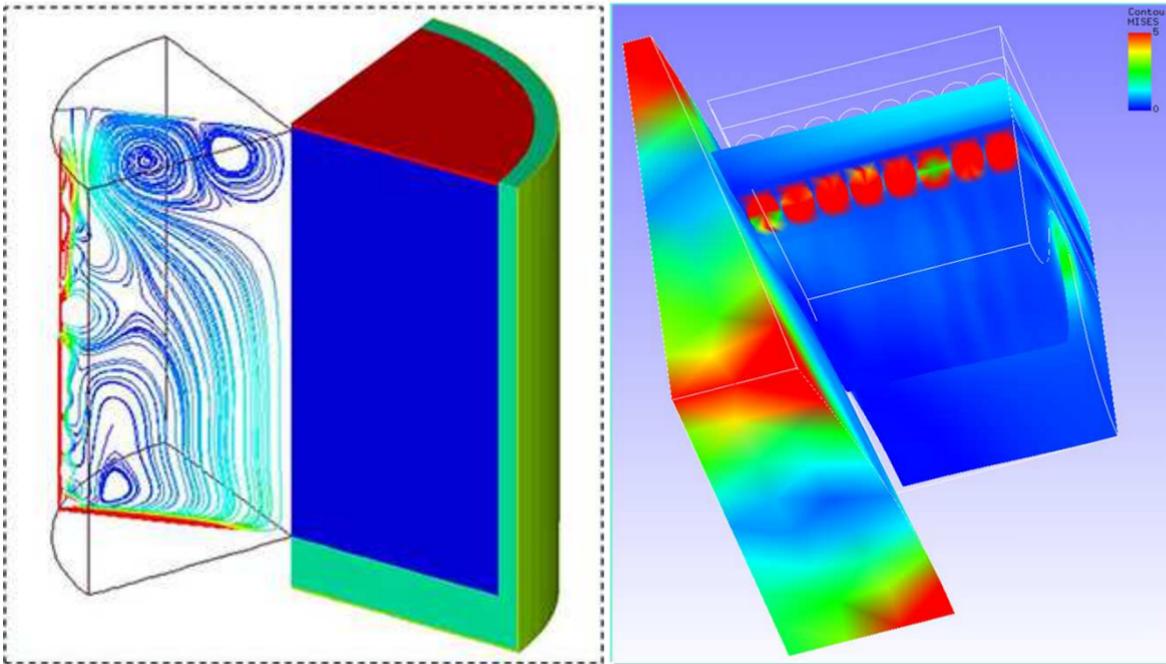


図-5 圧力上昇量の平面分布 (初期状態からの増分、注入開始から 100 年後)

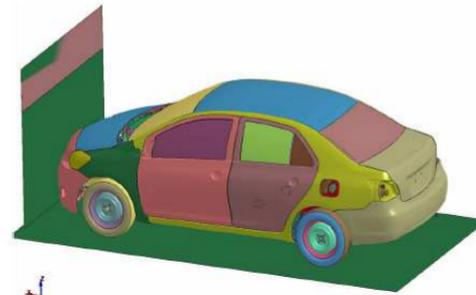


ものづくり分野(流体シミュレーション, 構造解析など)

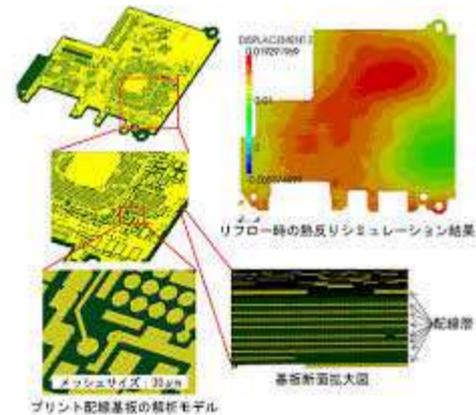
様々な大学・研究機関・企業



〔画像提供: 奥田洋司教授(東京大学新領域創成科学専攻)〕

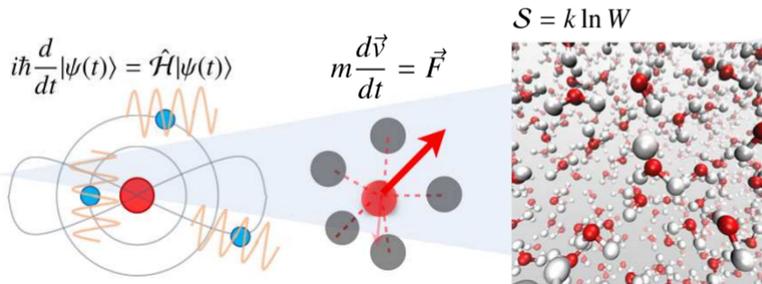


〔画像提供: 日本自動車工業会(JAMA)〕



材料科学・物性科学・分子科学

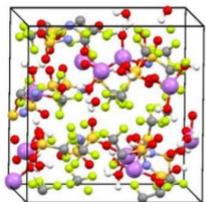
東大工, 阪大基礎工, 物質・材料研究機構 他 様々な大学・研究機関



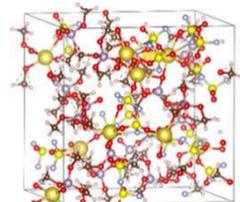
DFT-MDによる蓄電池用新型
電解液のマイクロ物性解明



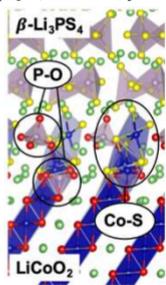
全固体電池の電極-電解質
界面のDFTマイクロ解析



高濃度水系電解液
Nature Energy 2016



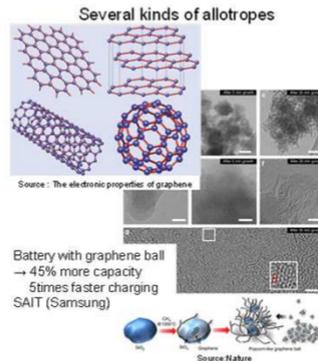
高濃度消火性電解液
Nature Energy 2018



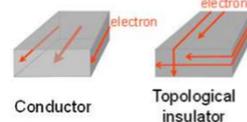
Chem. Mater. 2020

[画像提供: 山田研究室(東大工), 館山グループ(物材機構)]

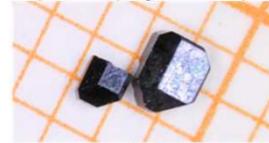
ディラック電子系・トポジカル絶縁体のtight-binding計算



A new material which has special properties
Inside: insulation Outside: Conduction

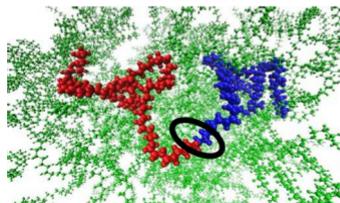


Sample of the topological insulator (SmB6)



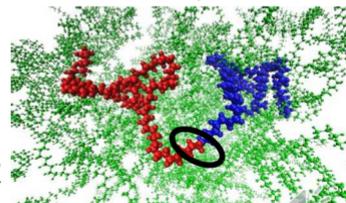
[画像提供: Gerhard Wellein教授 (FAU, Germany)]

ポリマーの相溶性判定のための全原子自由エネルギー計算



Macromolecules 2020

逐次伸張
→
モノマーごとの
相互作用考慮

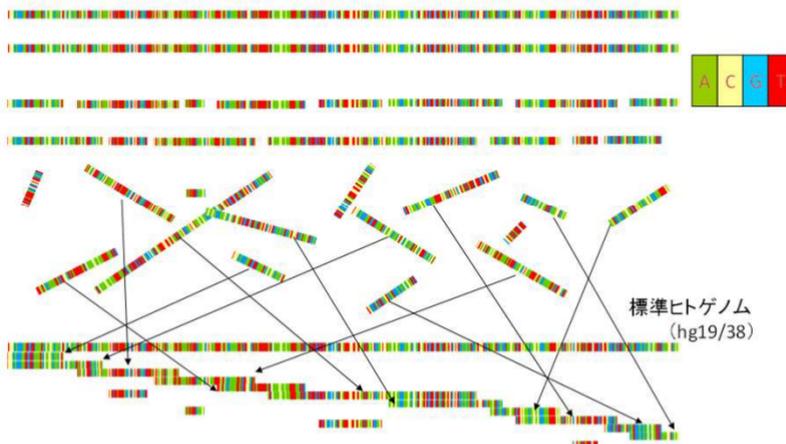


[画像提供: 松林研究室(阪大)]

バイオインフォマティクス:ゲノム解析

東大新領域創成科学研究科 等

ヒト個人ゲノムはどのよ うに再解読するか？

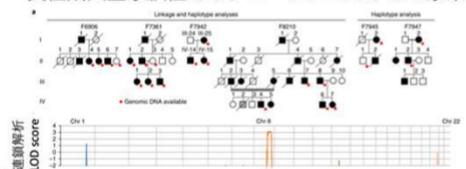


長さ 100~150 塩基の DNA 断片を 10~20 億本収集 (ヒト1人当たり)
接尾辞配列 (suffix array), Burrows-Wheeler 変換等が活用される

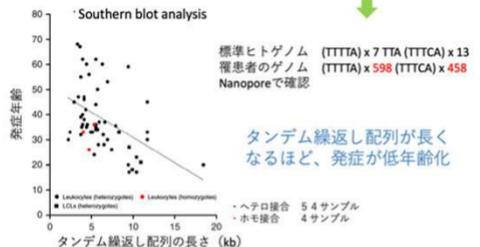
[画像提供:

森下真一教授 (東京大学新領域創成科学研究科)]

良性成人型家族性ミオクローヌてんかんの家系



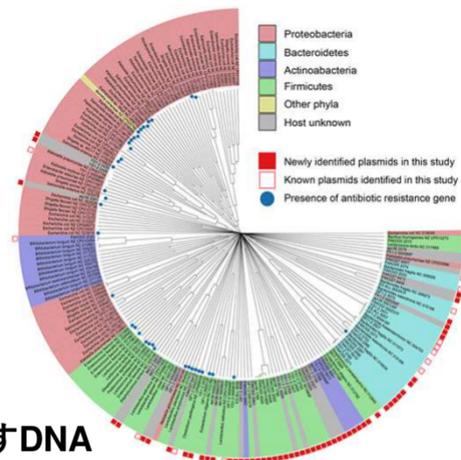
家系の連鎖解析により絞り込んだ8番染色体の領域に存在する3個遺伝子のコード領域には、原因となる1塩基変異が見つからなかった。しかしこの領域のSAMD12のイントロンに、罹患者で伸長するタンデム繰返し配列を発見。



Nature Genetics 2018

新たに発見された疾患を引き起こすDNAの繰返し配列伸長異常: 様々な動的計画法, de Bruijn グラフ探索等が活用

ヒト腸内細菌叢から 発見された 多様なプラスミド・ ファージ配列の全貌

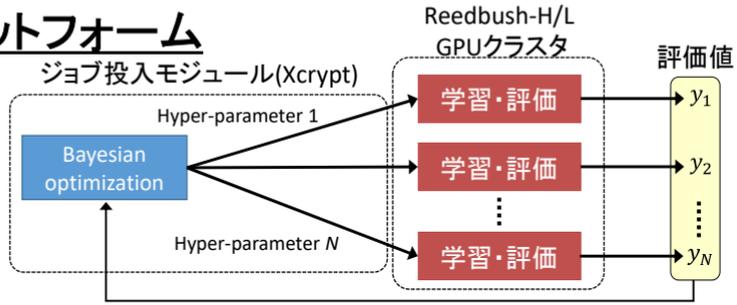


Microbiome 2019

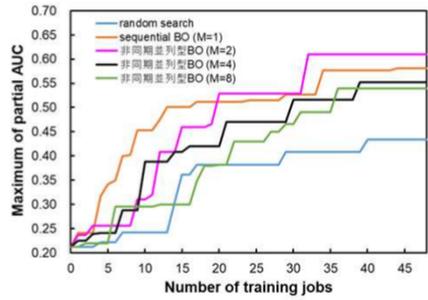


バイオインフォマティクス：医療画像処理 東大病院等

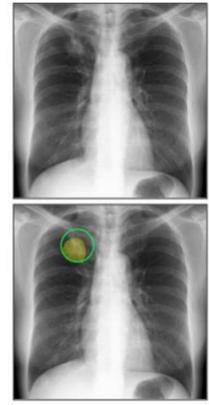
深層学習自動チューニング プラットフォーム



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)

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

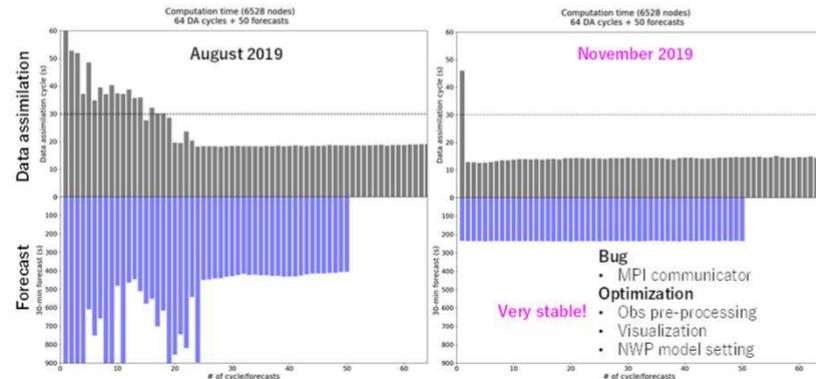
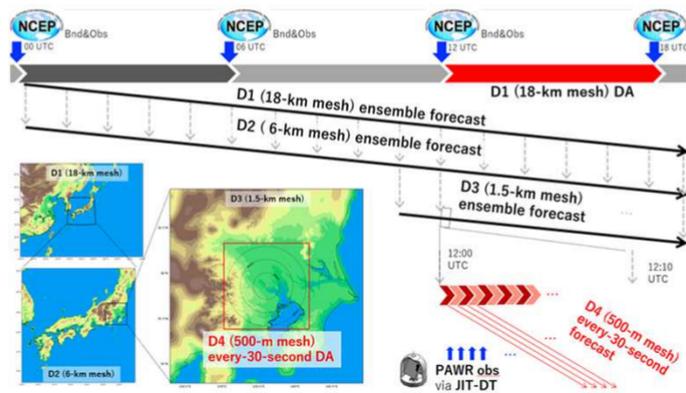
頭部救急CT画像の異常検知
Sato D, SPIE MI 2018

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)

ゲリラ豪雨予測のリアルタイム実証実験 (理化学研究所)



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

全体のワークフロー

15:30:00

15:40:00

15:50:00

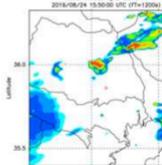
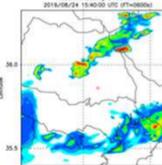
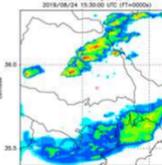
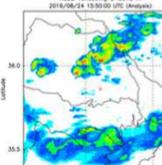
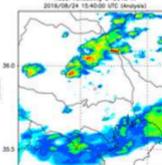
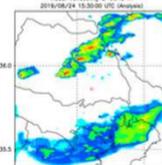
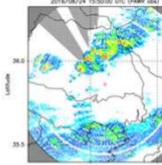
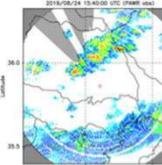
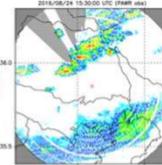
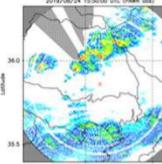
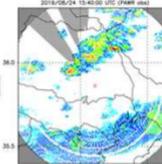
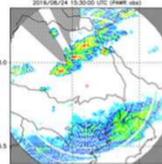
FT=10min

FT=20min



PAWR
Obs

SCALE-
LETKF
Analysis



dBZ
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10

dBZ
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10

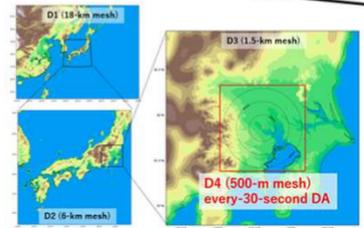
dBZ
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10

[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(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。

ゲリラ豪雨予測のリアルタイム実証実験 (理化学研究所)

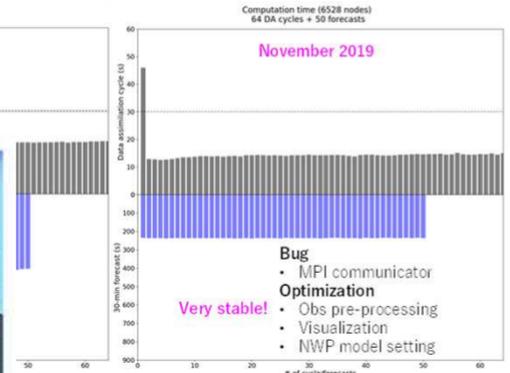
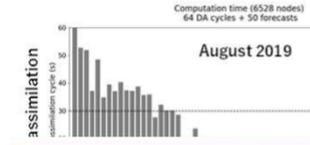


全体のワークフロー

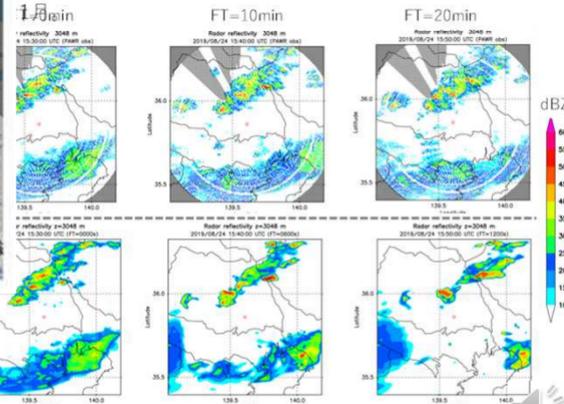


PAWR Obs

SCALE-LETKF Analysis



夕同化、下段は30分予報にかかった時間(秒)。



[画像提供: 三好建正博士 (理化学研究所)]

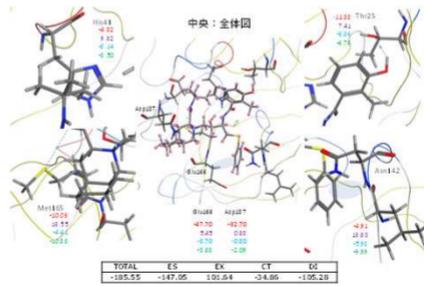
2019年8月24日の事例についてのテスト結果。(上)レーダー観測と(下)SCALE-LETKFによる解析で得られたレーダー反射強度(dBZ)を示す。

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。

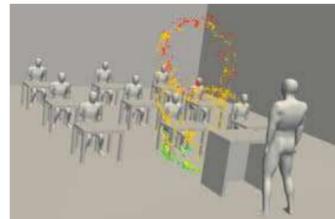
「COVID-19」対応臨時公募採択課題

全国9国立大学等のスパコンによる課題

全14のうち6課題が東大システムを利用(2020年度)



[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)]

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)

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)

OFP

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)

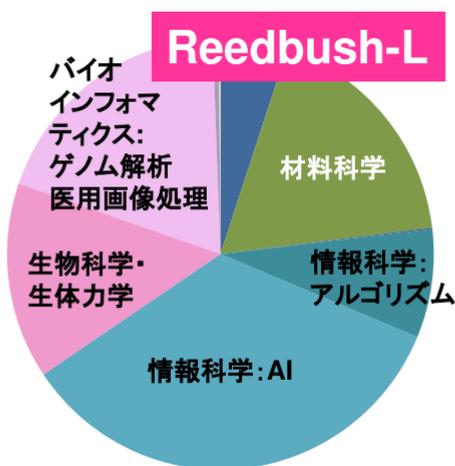
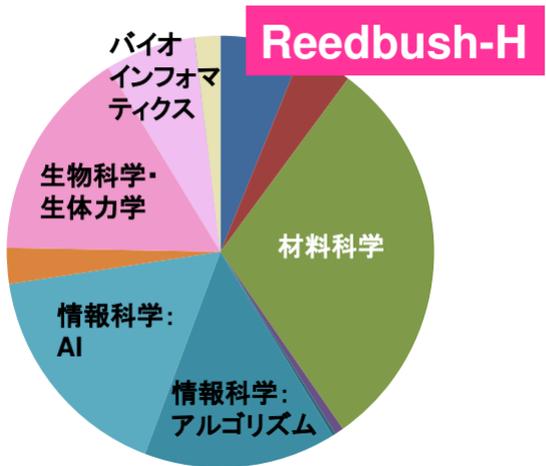
室内環境におけるウイルス飛沫感染の予測とその対策: 富岳大規模解析に向けたケーススタディ

坪倉 誠
(神戸大学)

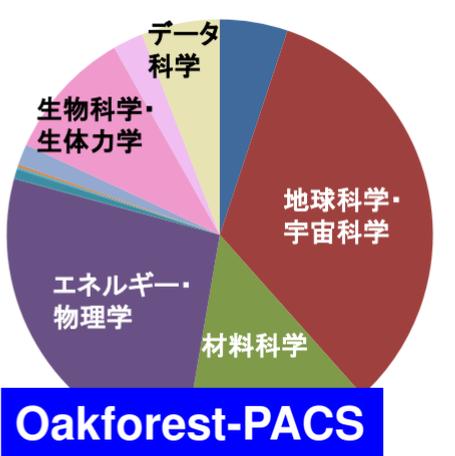
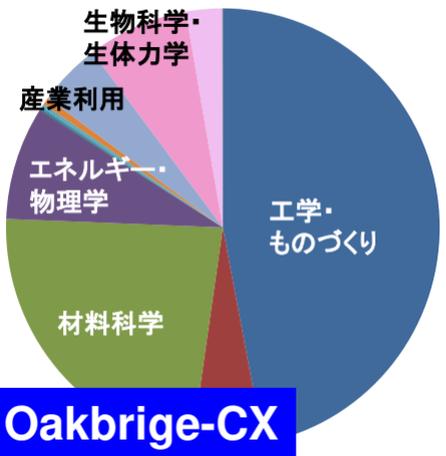
OBCX

Spreading of polydisperse droplets in a turbulent puff of saturated exhaled air

Marco Edoardo Rosti
(OIST)



- 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 (ゲノム解析・医用画像)
- 社会科学・経済学
- データ科学・データ同化

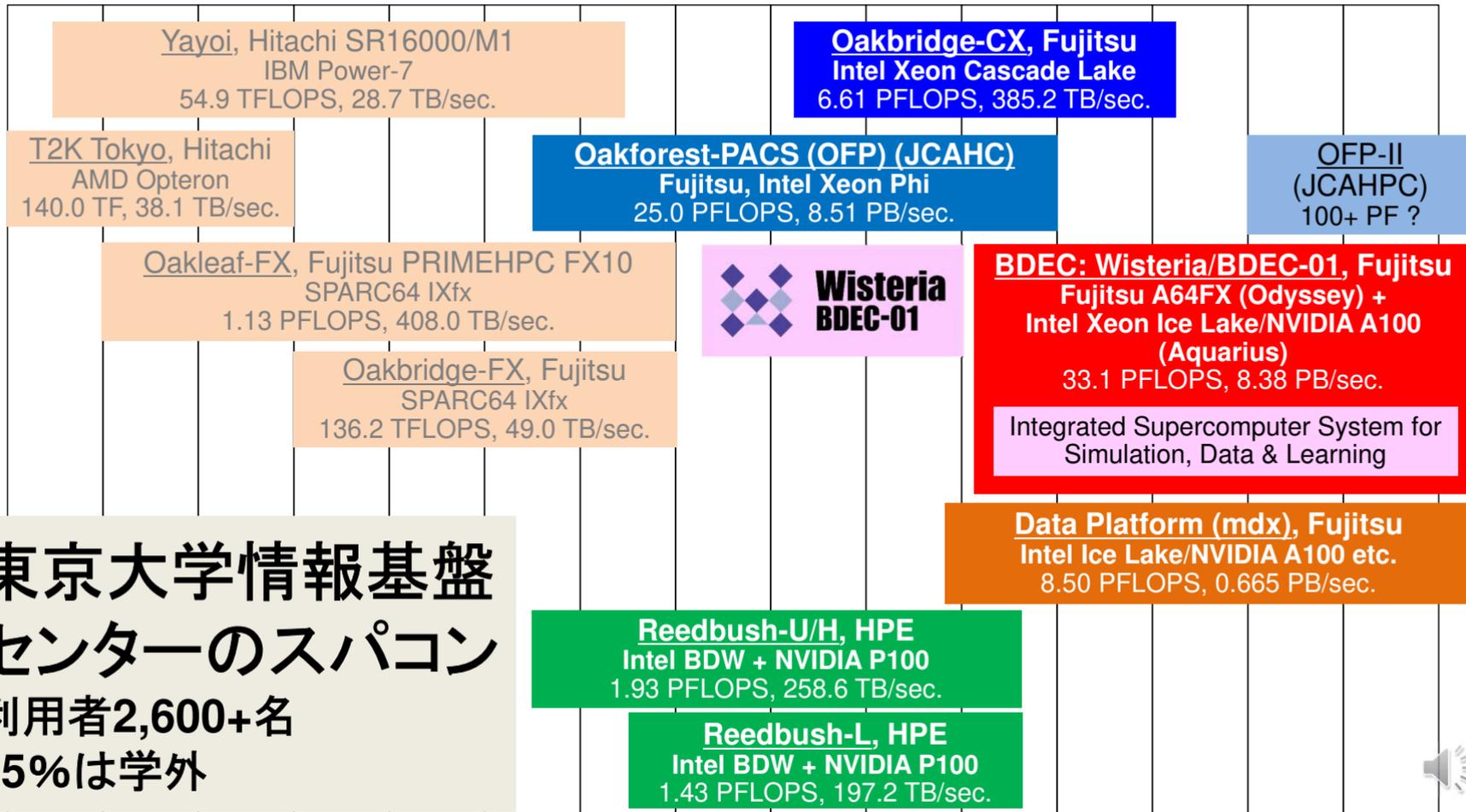


2020年度分野別 利用状況

- CPUのみ
- GPU (+CPU)



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

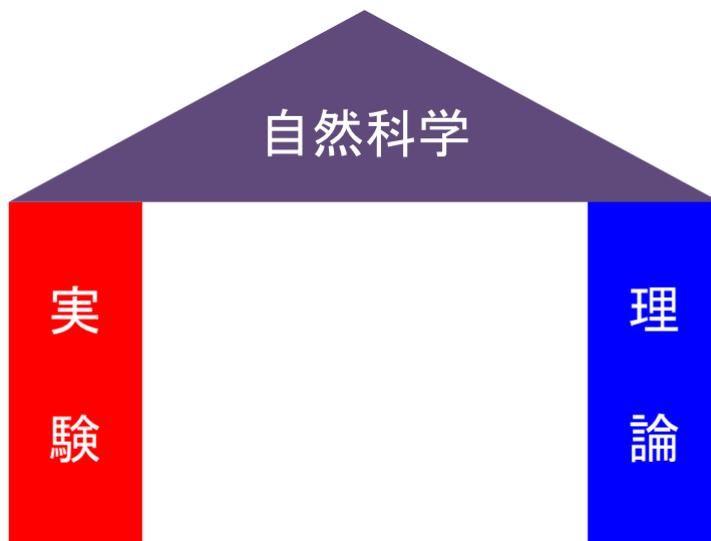


東京大学情報基盤
センターのスパコン
利用者2,600+名
55%は学外



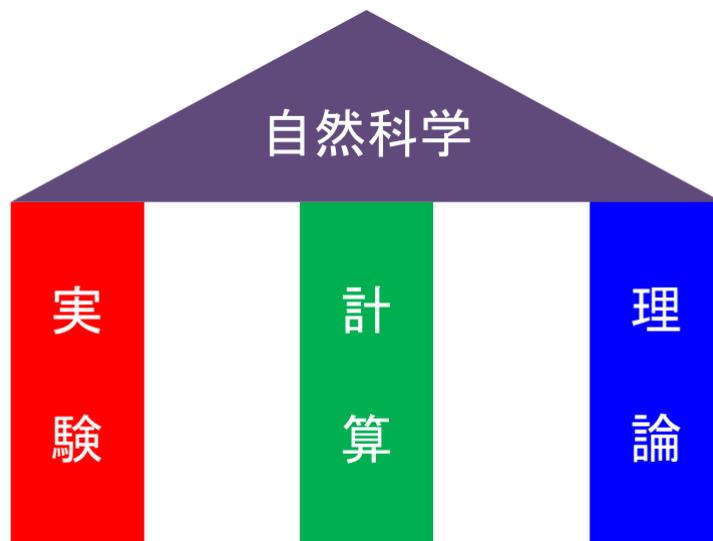
自然科学：実験＋理論

自然科学：「実験(Experiment)」と「理論(Theory)」⇒ 2本の柱



第3の科学：計算科学

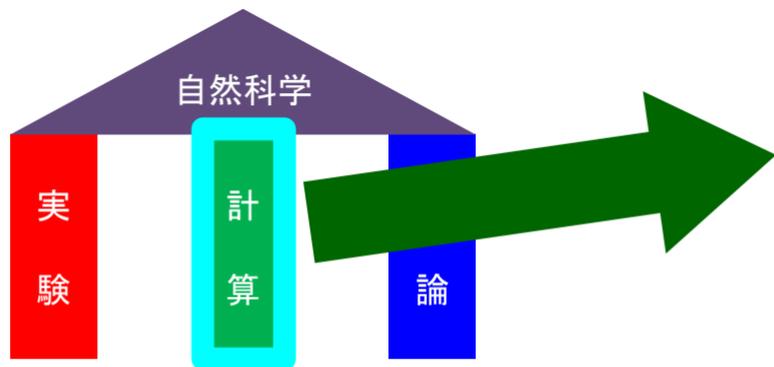
スーパーコンピュータ(スパコン)によるシミュレーションに基づく「計算科学」
「第3の科学」, 「科学の3本目の柱」



「計算・データ・学習」融合へ

スーパーコンピュータの利用は「計算科学」から様々な分野に拡大

「計算科学」, 「データ科学」, 「機械学習・AI」の融合による新しい科学



「計算・データ・学習 (S+D+L)」
融合による新しい科学

計算・シミュレーション
(Simulation: S)

データ
(Data: D)

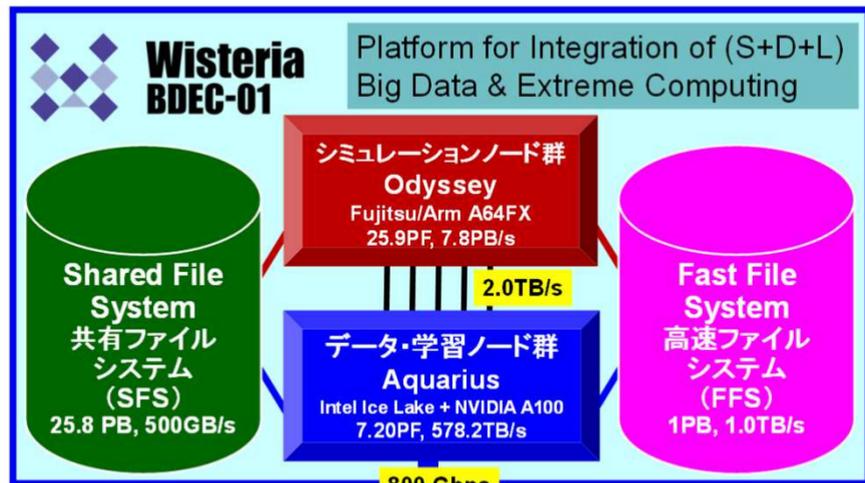
学習・AI
(Learning:
L)



Wisteria/BDEC-01



2021年5月14日から柏Ⅱキャンパスで運用を開始した国内最大級のシステム「Wisteria/BDEC-01」は、「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



External Network
外部ネットワーク

External Resources

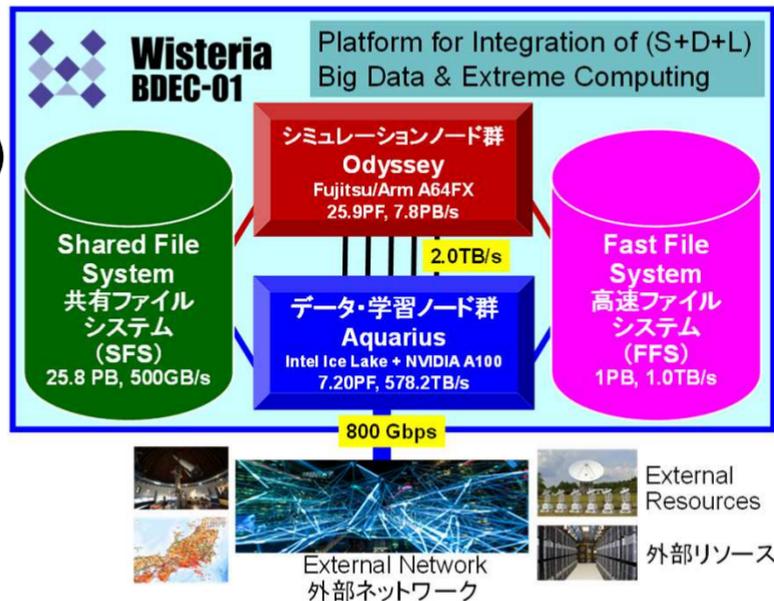
外部リソース



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



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
Aquarius

観測データ

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

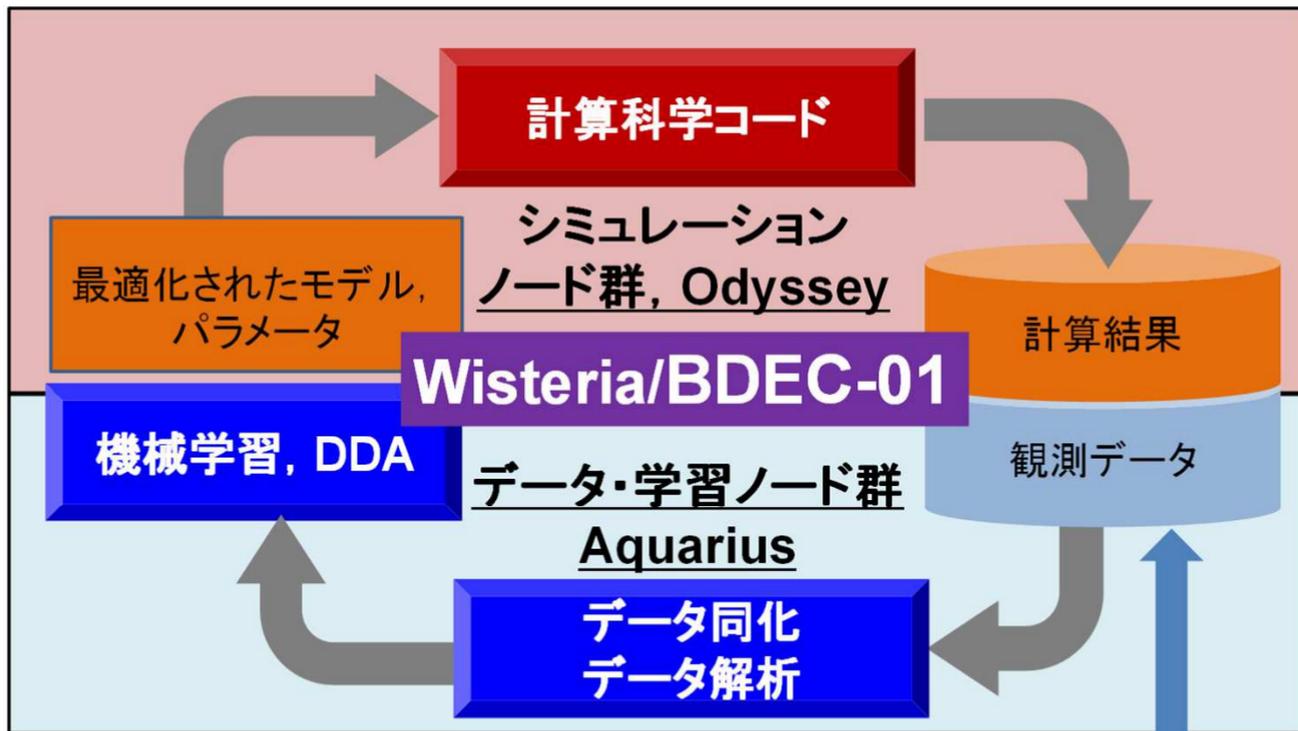
Fast File System (FFS)
1.0 PB, 1.0 TB/s

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

Data/Learning Nodes

Aquarius

7.20 PF, 578.2 TB/s



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)



57th TOP500 List (June, 2021)

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

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

	Site	Computer/Year Vendor	Cores	R_{\max} (TFLOPS)	R_{peak} (TFLOPS)	Power (MW)
1	Fugaku, 2020, Japan R-CCS, RIKEN	Fujitsu PRIMEHPC FX1000, Fujitsu A64FX 48C 2.2GHz, Tofu-D	7,630,848	442,010 (= 442.0 PF)	537,212.0	29.899
2	Summit, 2018, USA 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	10.096
3	Sierra, 2018, USA 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	7.438
4	Sunway TaihuLight, 2016, China National Supercomputing Center in Wuxi	Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway	10,649,600	93,015	125,436	15.371
5	Perlmutter, 2021, USA DOE/NERSC/LBNL	HPE Cray EX235n, AMD EPYC 7763 64C 2.45GHz, NVIDIA A100 SXM4 40 GB, Slingshot-10	706,304	64,590	89,794	2.528
6	Selene, 2020, USA NVIDIA	NVIDIA DGX A100 SuperPOD, AMD EPYC 7742 64C 2.25GHz, NVIDIA GA100, Mellanox Infiniband HDR	555,520	63,460	79,215.0	2.646
7	Tianhe-2A, 2018, China 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	18.482
8	JUWELS Booster Module, 2020, Germany Julich (FZJ)	Bull Sequana XH2000, AMD EPYC 7402 24c 2.8GHz, NVIDIA A100, Mellanox InfiniBand HDR	449,280	44,120	70,980	1.764
9	HPC5, 2020, Italy Eni S.p.A.	Dell C4140, Xeon Gold 6252 24c 2.1GHz, NVIDIA Volta GV100, Mellanox InfiniBand HDR	669,760	35,450	51,720	2.252
10	Frontera, 2019, USA Texas Advanced Computing Center	Dell C6420, Xeon Platinum 8280 28c 2.7GHz, Mellanox InfiniBand HDR	448,448	23,516	38,746	N/S
13	Wisteria/BDEC-01 (Odyssey), 2021, Japan ITC, University of Tokyo	Fujitsu PRIMEHPC FX1000, A64FX 48C 2.2GHz, Tofu interconnect D	368,640	22,121	25,952	1.468
93	Wisteria/BDEC-01 (Aquarius), 2021, Japan ITC, University of Tokyo	Fujitsu PRIMERGY GX2570 M6, Intel Xeon Platinum 8369Y 36C 2.4GHz, NVIDIA A100 SXM4 40GB, Infiniband HDR	42,120	4,425	7,269	0.184

57th TOP500 List (June, 2021)

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

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

	Site	Computer/Year Vendor	Cores	R_{\max} (TFLOPS)	R_{peak} (TFLOPS)	Power (kW)
1	Fugaku, 2020, Japan R-CCS, RIKEN	Fujitsu PRIMEHPC FX1000, Fujitsu A64FX 48C 2.2GHz, Tofu-D	7,630,848	442,010 (= 442.0 PF)	537,212.0	29.899
2	Summit, 2018, USA 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	10.096
3	Sierra, 2018, USA 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	7.438
4	Sunway TaihuLight, 2016, China National Supercomputing Center in Wuxi	Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway	10,649,600	93,015	125,436	15.371
5	Perlmutter, 2021, USA DOE/NERSC/LBNL	HPE Cray EX235n, AMD EPYC 7763 64C 2.45GHz, NVIDIA A100 SXM4 40 GB, Slingshot-10	706,304	64,590	89,794	2.528
6	Selene, 2020, USA NVIDIA	NVIDIA DGX A100 SuperPOD, AMD EPYC 7742 64C 2.25GHz, NVIDIA GA100, Mellanox Infiniband HDR	555,520	63,460	79,215.0	2.646
7	Tianhe-2A, 2018, China 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	18.482
8	JUWELS Booster Module, 2020, Germany Julich (FZJ)	Bull Sequana XH2000, AMD EPYC 7402 24c 2.8GHz, NVIDIA A100, Mellanox InfiniBand HDR	449,280	44,120	70,980	1.764
9	HPC5, 2020, Italy Eni S.p.A.	Dell C4140, Xeon Gold 6252 24c 2.1GHz, NVIDIA Volta GV100, Mellanox InfiniBand HDR	669,760	35,450	51,720	2.252
10	Frontera, 2019, USA Texas Advanced Computing Center	Dell C6420, Xeon Platinum 8280 28c 2.7GHz, Mellanox InfiniBand HDR	448,448	23,516	38,746	N/S
12	ABCI 2.0, 2021, Japan AIST	日本2位・柏1位 (産業技術総合研究所, 柏IIキャンパス)		22,208	54,341	1.600
13	Wisteria/BDEC-01 (Odyssey), 2021, Japan ITC, University of Tokyo	日本3位・柏2位 FX1000, A64FX 48C 2.2GHz, Tofu interconnect	368,640	22,121	25,952	1.468



**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

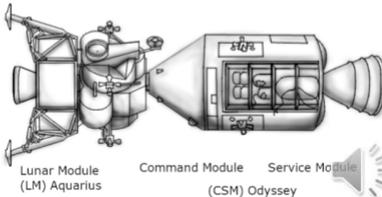


External Resources



外部リソース

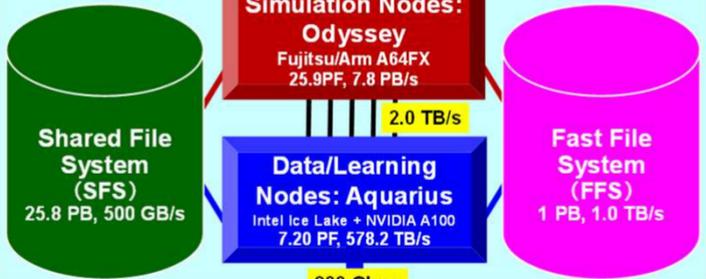
- Wisteria (紫藤)
 - 手賀沼(柏市)に伝わる「藤姫伝説」
- Odyssey
 - アポロ13号・司令船(Command Module, CM)のコールサイン
- Aquarius
 - アポロ13号・月着陸船(Lunar Module, LM)のコールサイン
- 人類と地球を護る



<https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/public/pr/pr-wisteria.php>



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



External Resources



External Network



External Resources



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 (Reedbush-H/L)

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, #32 in 57th TOP 500 (June 2020)

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

- 2019年7月～2023年6月末(予定)
- 6.61 PF, #97 in 57th TOP500

Wisteria/BDEC-01 (Fujitsu)

- シミュレーションノード群(Odyssey): A64FX
- データ・学習ノード群(Aquarius): Intel Xeon Icelake + NVIDIA A100
- 33.1 PF, #13 in 57th 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)



Wisteria
BDEC-01

Simulation Nodes
(Odyssey)



Wisteria
BDEC-01

Data/Learning Nodes
(Aquarius)



Reedbush



Oakforest-PACS



Oakbridge-CX



GFLOPS (ピーク性能) 当たり利用負担 (円) : 電気代

System	GFLOPSあたり電気代 (円) : 年間 小さいほど効率的
Oakleaf-FX/Oakbridge-FX (Fujitsu) (Fujitsu SPARC64 IXfx) (2012年度-2017年度) : 「京」商用機	125
Reedbush-U (HPE) (Intel Xeon Broadwell (BDW))	61.9
Reedbush-H (HPE) (Intel BDW+NVIDIA P100x2/node)	15.9
Reedbush-L (HPE) (Intel BDW+NVIDIA P100x4/node)	13.4
Oakforest-PACS (Fujitsu) (Intel Xeon Phi/KNL)	16.5
Oakbridge-CX (Fujitsu) (Intel Xeon Cascade Lake)	20.7
Wisteria-Odyssey (Fujitsu/Arm A64FX)	17.8
Wisteria-Aquarius (Intel Xeon Ice Lake + NVIDIA A100x8)	9.00



(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
 - Wisteria/BDEC-01を「計算・データ・学習」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



**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
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/>

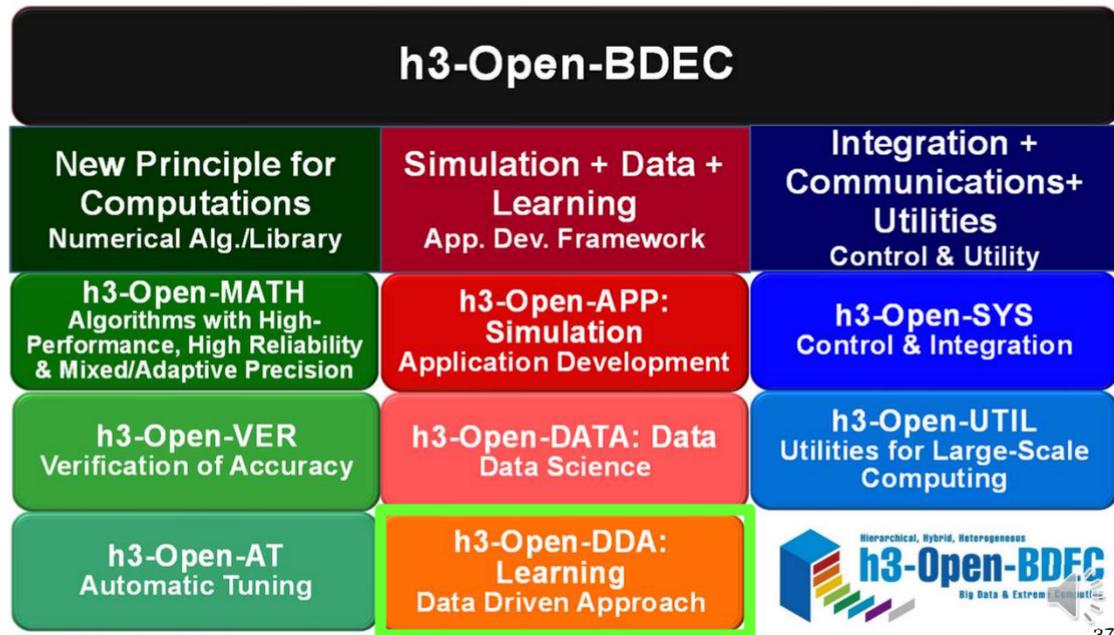
Hierarchical,
Hybrid,
Heterogeneous

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

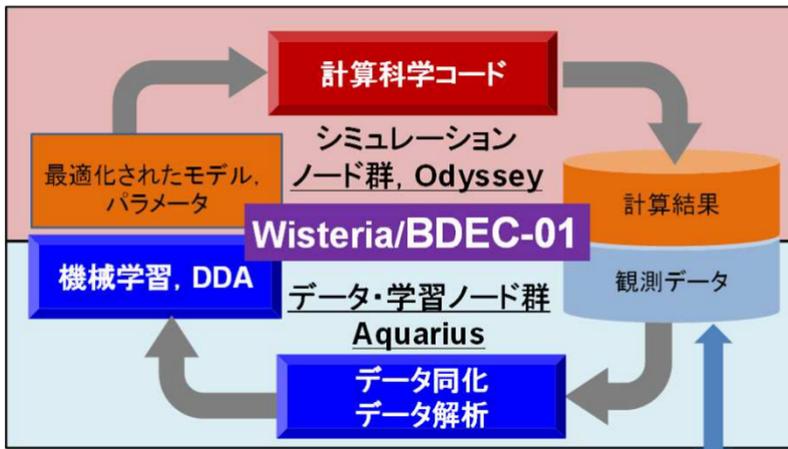
✓ Hierarchical, Hybrid,
Heterogeneous ⇒ h3



三次元地震シミュレーション+リアルタイムデータ同化/観測

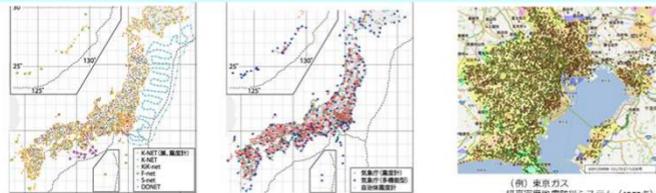
10月22日(金) 15:30-15:55

10月24日(日) 12:00-12:25

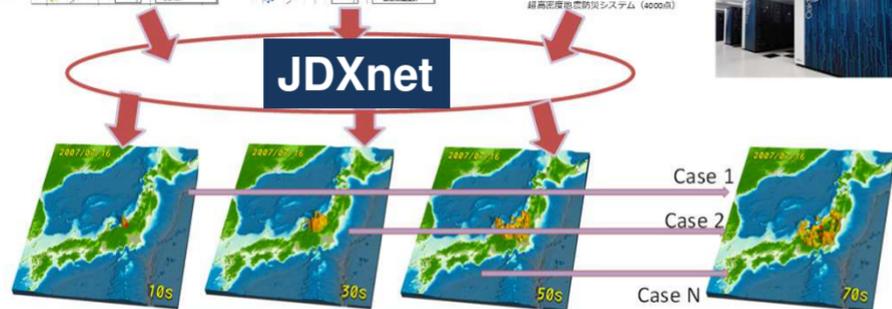
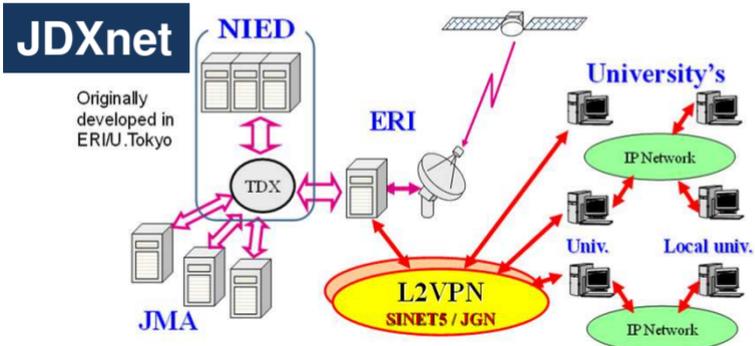


外部リソース
Server, Storage, DB, Sensors他

Observation Network for Earthquake: $O(10^5)$ Points



[c/o Furumura]



Real-Time Data/Simulation Assimilation
Real-Time Update of Underground Model

[資料提供: 古村孝志教授
(東大・地震研)]