新スーパーコンピュータ AOBAのご紹介

東北大学サイバーサイエンスセンター
スーパーコンピューティング研究部 教授

滝沢 寛之
<takizawa@tohoku.ac.jp>

サイバーサイエンスセンター

Cyberscience Center

= 大規模コンピュータ（スパコン）を使って様々な科学技術の進展を支えるセンター

- 1969年に日本で2番目の全国共同利用型大型計算機センターとして設立（去年50周年）
- 2001年に情報シナジーセンターへ改組
- 2008年にサイバーサイエンスセンターへ改組

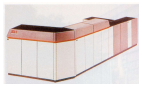
歴史と使命

■ 沿革

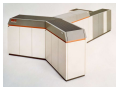
Computer Center

1969 設立

1985 NEC SX-1



1989 NEC SX-2



1994 NEC SX-3

1998 NEC SX-4

Info. Synergy

2001 改組

2003 NEC SX-7

Cyberscience

2008 改組

NEC SX-9

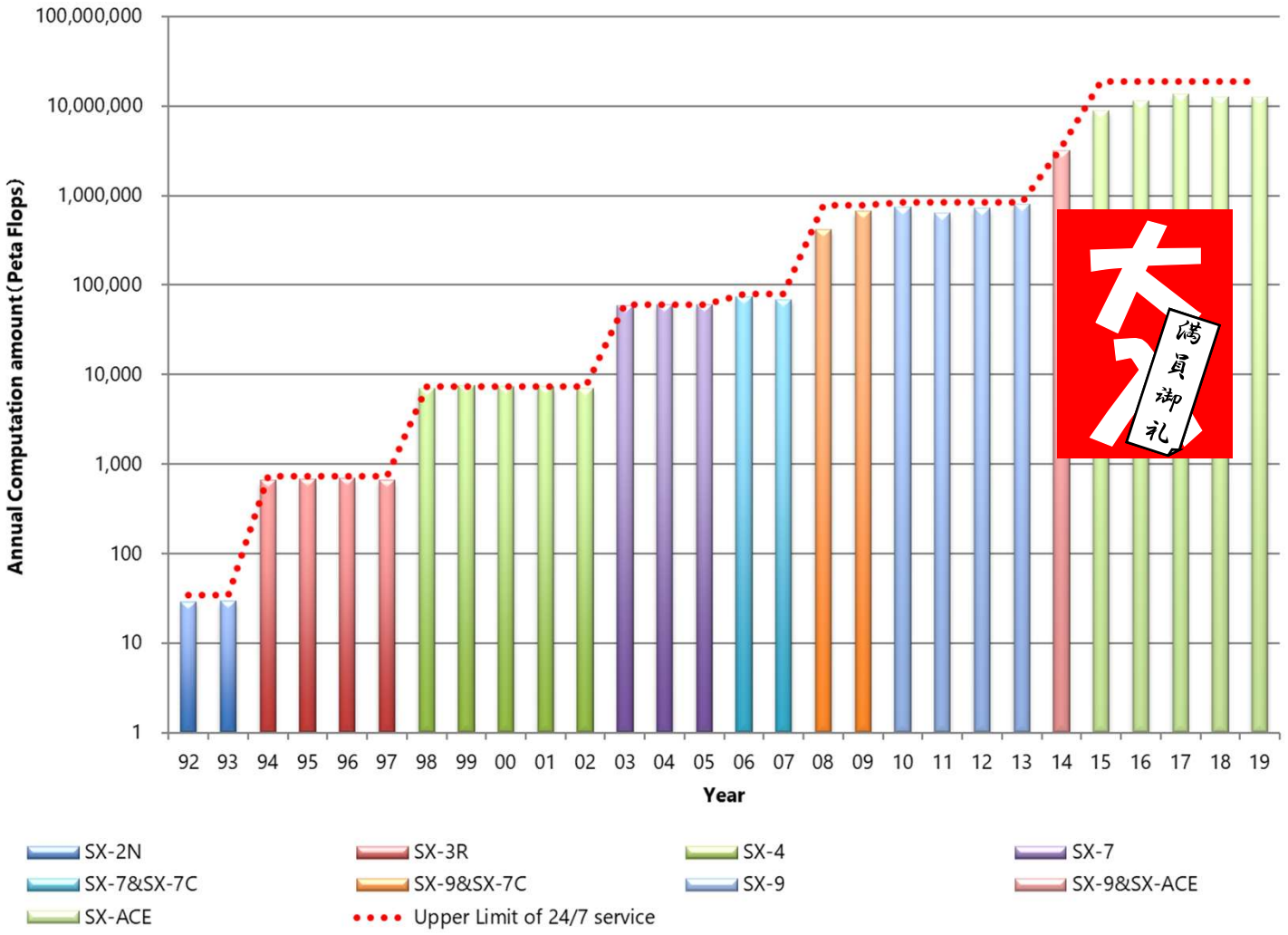
2015 NEC SX-ACE

■ 使命

- **全国の学術利用のために最先端の計算環境を提供**
  - **NEC SX-ACE ベクトル並列システム**を運用(7月末まで)
    - **利用登録者数 1,556名** (2019年度)
  - **利用者支援**
    - 性能測定，性能解析，高速化支援
    - 高性能計算に関するセミナーや講習会

- **高性能計算に関する研究開発**
  - 利用者や企業との共同研究
    - 高生産性かつ高性能な計算環境を実現するための次世代高性能計算システムやそのアプリケーションの創出
- **研究と教育**
  - 東北大学学部生・大学院生の指導

いまだに高い利用率


100,000,000
10,000,000
1,000,000
100,000
10,000
1,000
100
10
1
Annual Computation amount (Peta Flops)
92 93 94 95 96 97 98 99 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
Year
SX-2N
SX-3R
SX-4
SX-7
SX-7&SX-7C
SX-9&SX-7C
SX-9
SX-9&SX-ACE
SX-ACE
Upper Limit of 24/7 service
満員御礼

利用者支援・共同研究

■ 平成9年よりセンター教職員とベンダーの協働による高速化支援体制を構築
→ 利用者支援を重視

- 技術職員1名あたり2～3件の高速化支援を常時担当

これまでの高速化支援実績

年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
件数	2	8	8	9	10	7	18	20	8	16	10	15	8	8	13	6	11	9	6	9	7	7
ベクトル化性能向上比	1.9	46.7	4.5	2.5	1.6	2.2	6.7	2.9	1.3	2.9	33	9.4	381	47	16.2	19.7	16.7	10.3	32	19.2	5.9	1.7
並列化性能向上比	11.1	18.4	31.7	8.6	4.9	2.8	18.6	4.5	5.3	8.1	1.9	5.1	3.6	48	17.2	15.3	12.9	8	5	3	1.2	3.6

- システム規模は小さいけれども**利用者満足度**で**ナンバー1**を目指している情報基盤センターです！

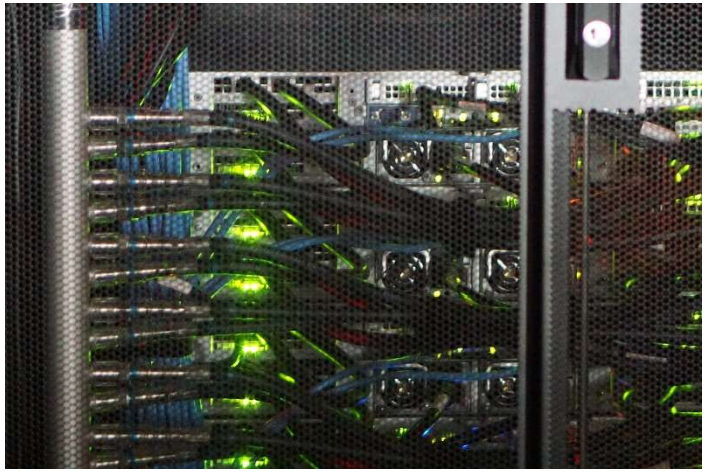
10月稼働の新システム

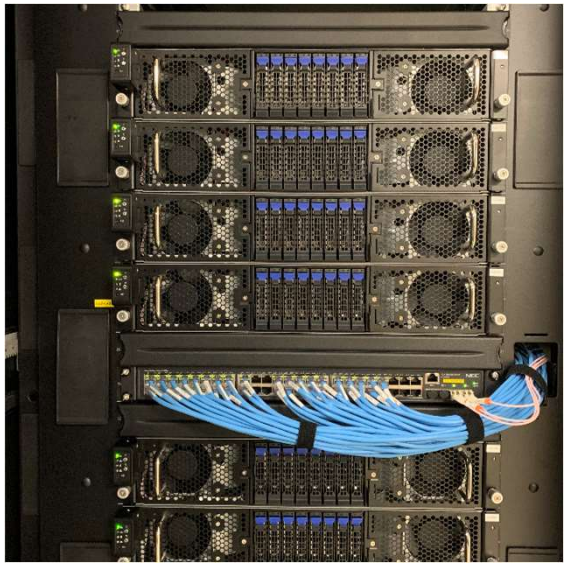
■ 愛称：スーパーコンピュータ AOBA (あおば)

- 公募期間：7月1日～31日
- 応募総数：346件
- 選定理由：
  - 新スパコンの愛称としての相応しさ・親しみやすさ
  - 36件の応募があり**他を圧倒する高い支持率** (10.4%)

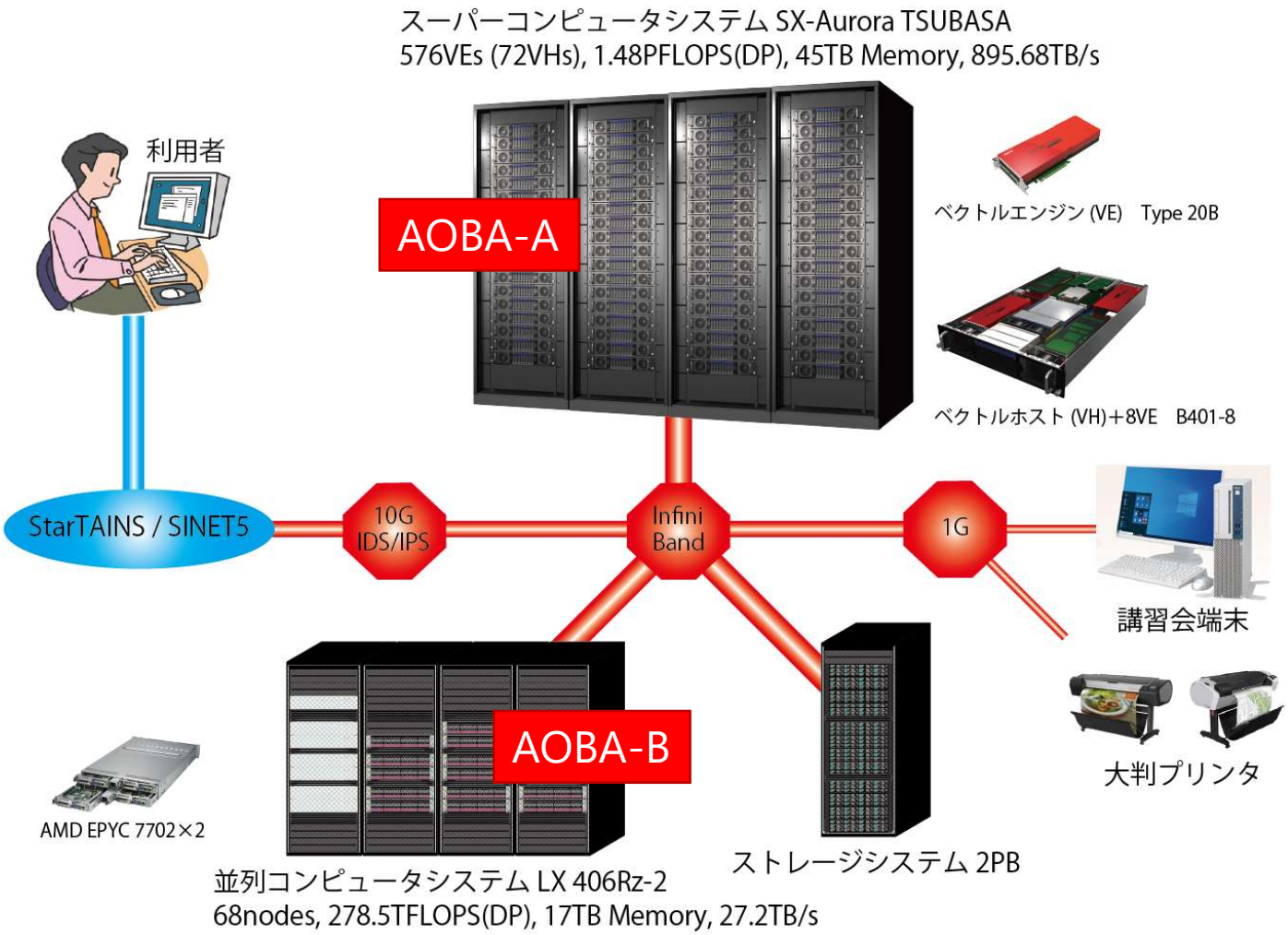
10月1日 運用開始

システムの写真





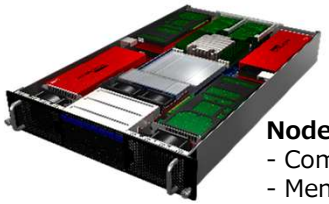
スパコンAOBAの全体像



システム構成

サブシステム AOBA-A

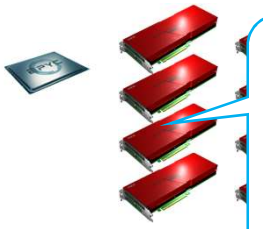
NEC SX-Aurora TSUBASA B401-8 x 72



Node Performance
- Comp. : **20.7 TF**
- Mem size : 640 GB
- Mem BW : **12.4 TB/s**

第2世代VE

AMD EPYC 7402P x 1
NEC Vector Engine Type 20B x 8



Vector Engine Core x 8
HBM2E Module x 6

サブシステム AOBA-B

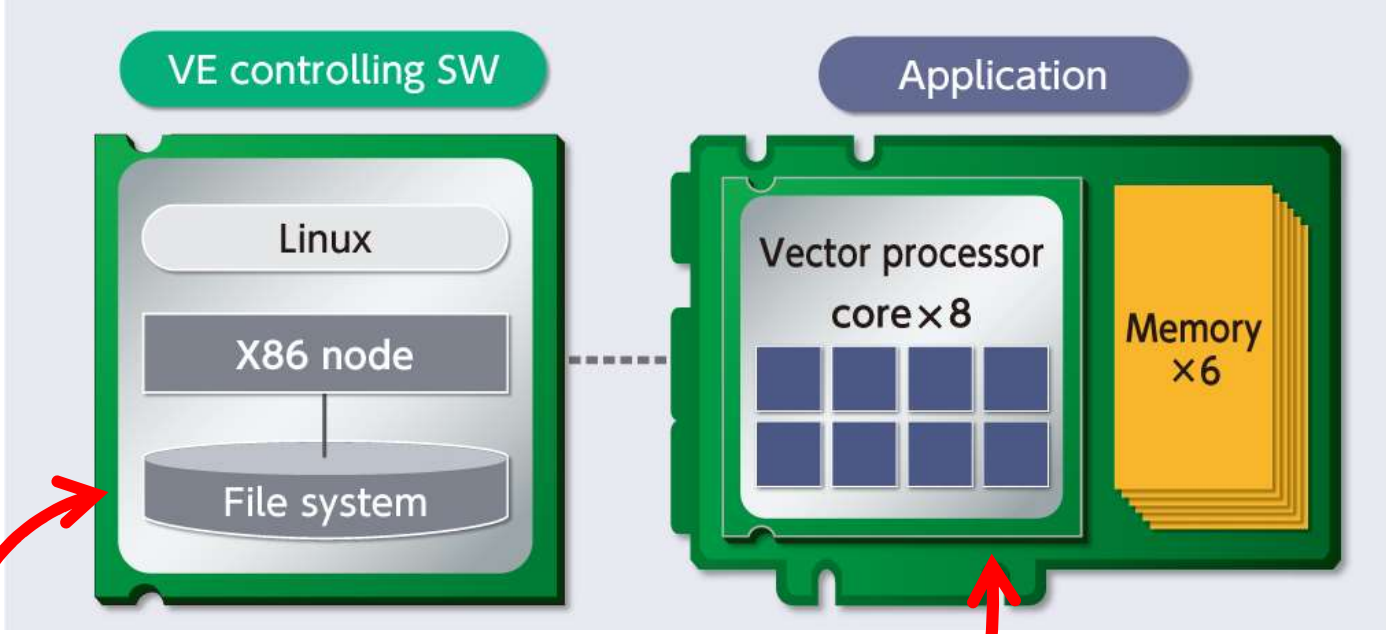
NEC LX 406Rz-2 x 68

Node Performance
- Comp. : **4.1 TF**
- Mem size : 256 GB
- Mem BW : **0.41 TB/s**

AMD EPYC 7702P x 2

システム全体性能: 1.78 Pflop/s, 924 TB/s

標準ソフト + 専用ハード




```
$ gcc matmul.c -o matmul
$ ./matmul

$ ncc matmul.c -o matmul
$ ./matmul
```

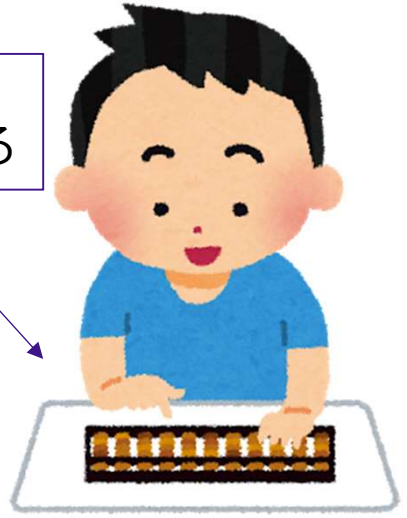
メモリバンド幅の重要性

1024円なり　256円なり・・・

メモリ

超人的な腕前の持ち主
毎年指数関数的に腕をあげている

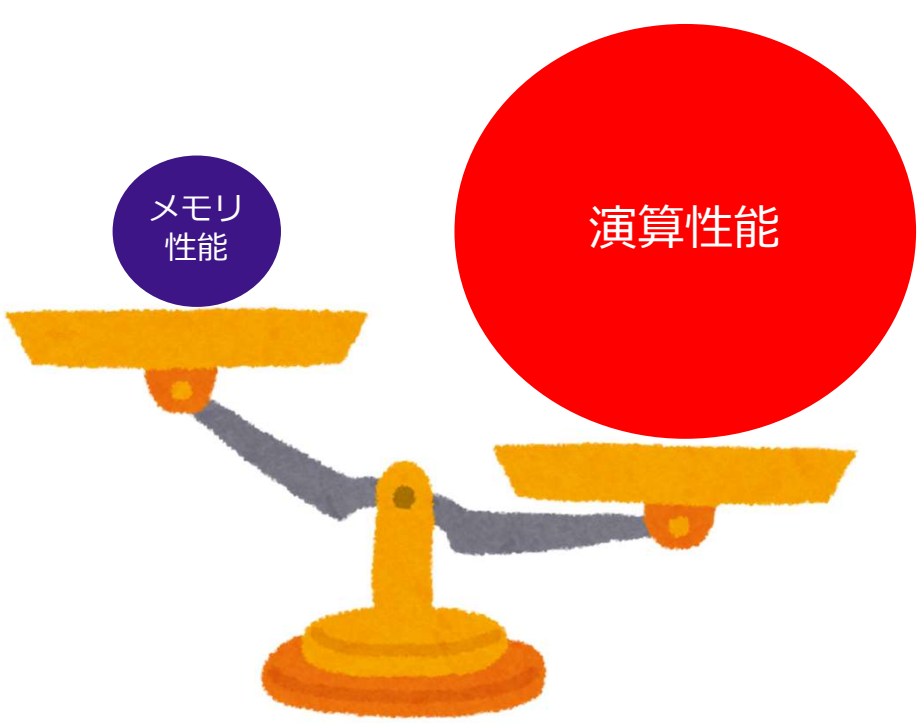
おっとりさん



プロセッサ

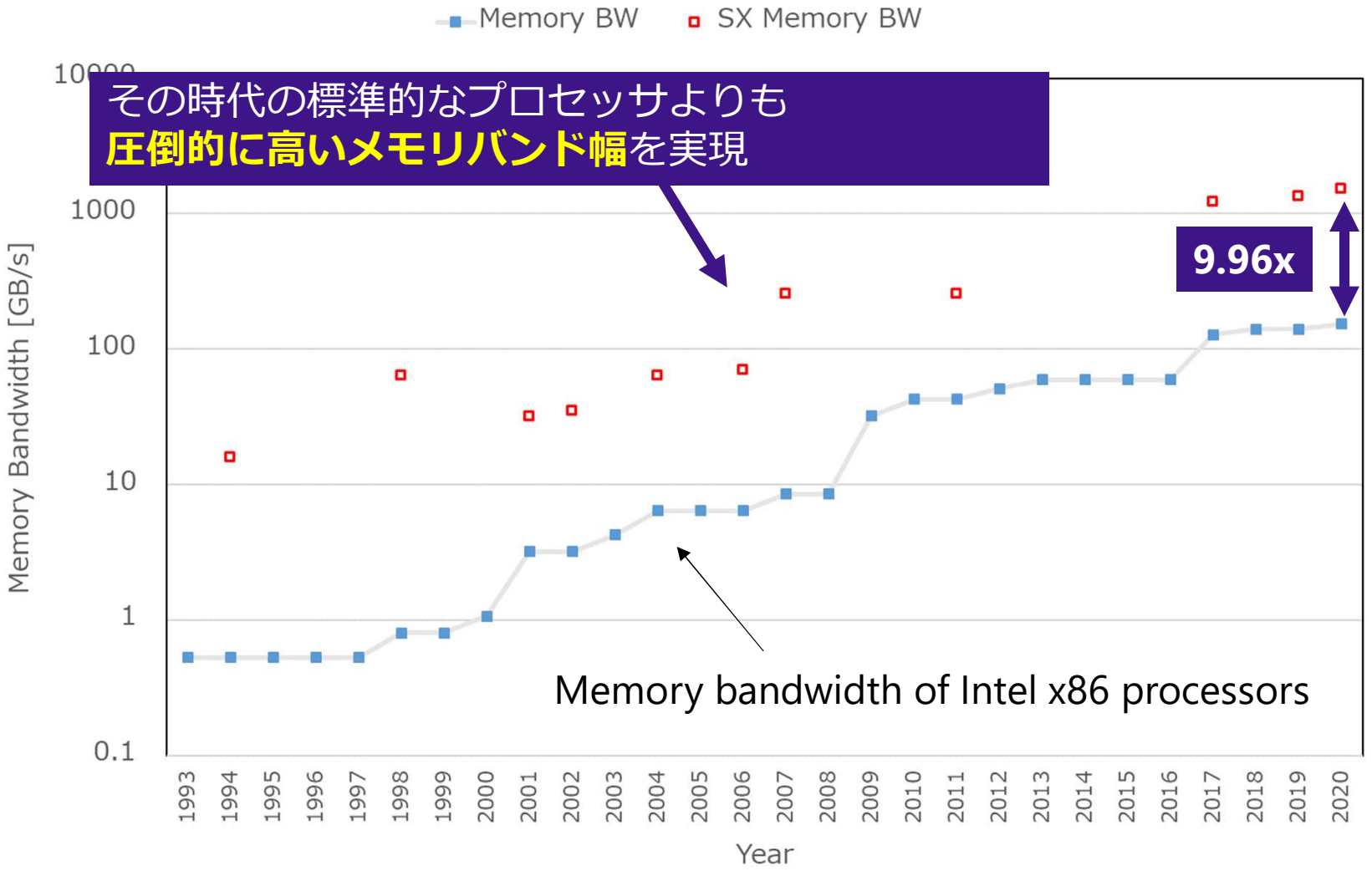
真に役立つスパコンを目指して

普通のスパコン　　バランスのとれたスパコン



↑　AOBAはこちらを目指している

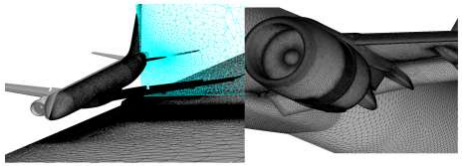
SXシリーズの特長

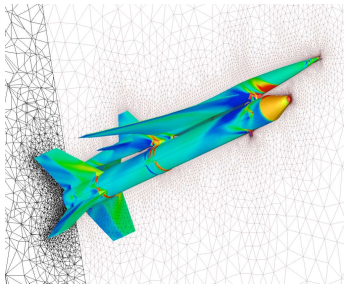


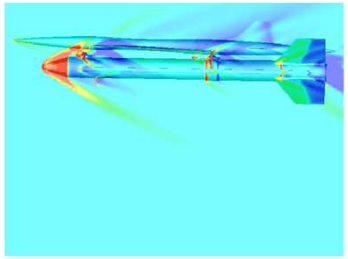
Xeon (DDR4-3200*6) vs SX-Aurora2 (HBM2E*6)

多様な科学技術分野に貢献

Next-Generation SuperSonic Transport

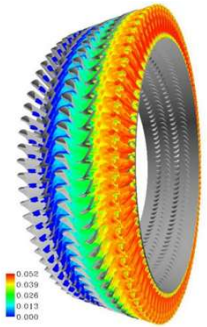




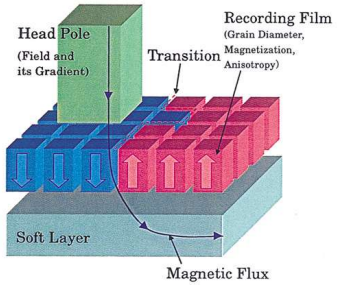


MRJ

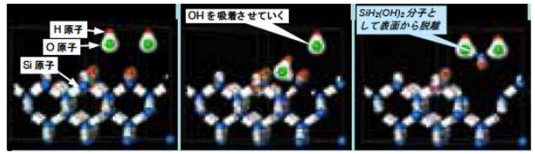
Turbine Design



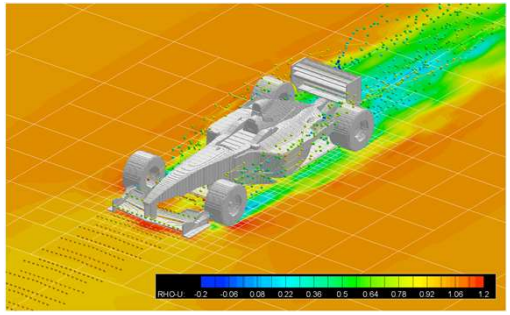
Perpendicular Magnetic Recording Medium Design



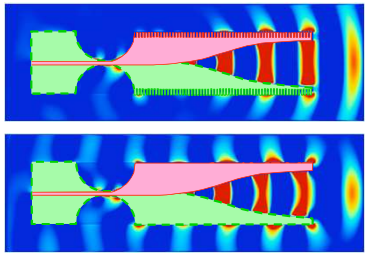
Nano Material Design



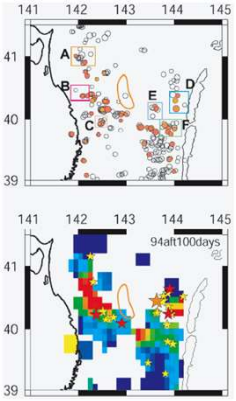
Next-Generation CFD Analysis

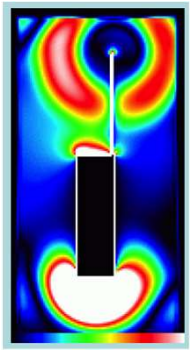


Antenna Analysis

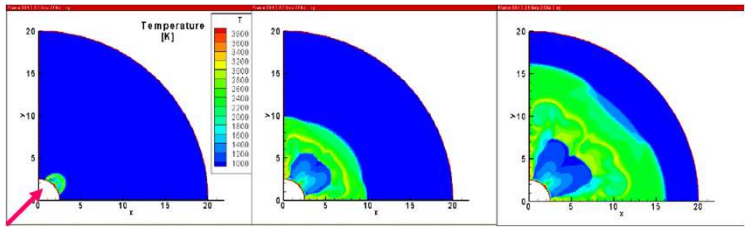


Earthquake Analysis

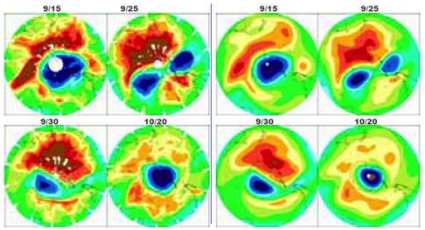




Combustion Flow Simulation



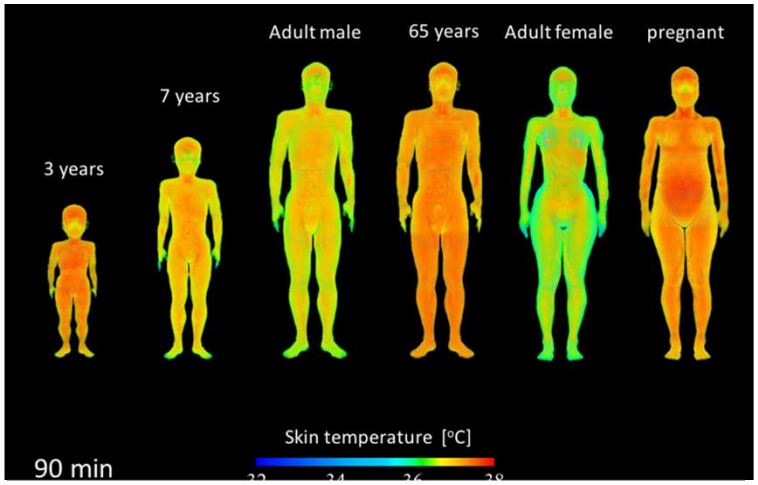
Ozone-hole Analysis



近年の代表的な成果例

■ 熱中症のシミュレーションを高速化して その成果を社会に還元 (江川隆輔(現東京電機大学教授)他)

熱中症シミュレーション（名工大平田教授開発）
環境に応じた人体の体温変化を計算し熱中症リスクを評価



スーパーコンピューティン研究部教員・技術職員による高速化支援により、従来7～16時間かかっていた1固体の評価を40秒程度で実現可能に.

H27～H29年度にかけて3度のプレスリリース、IEICE、IEEE共著学術論文、報道多数

日本気象協会，名工大と共に「熱中症セルフチェック」ウェブページを公開

評価環境

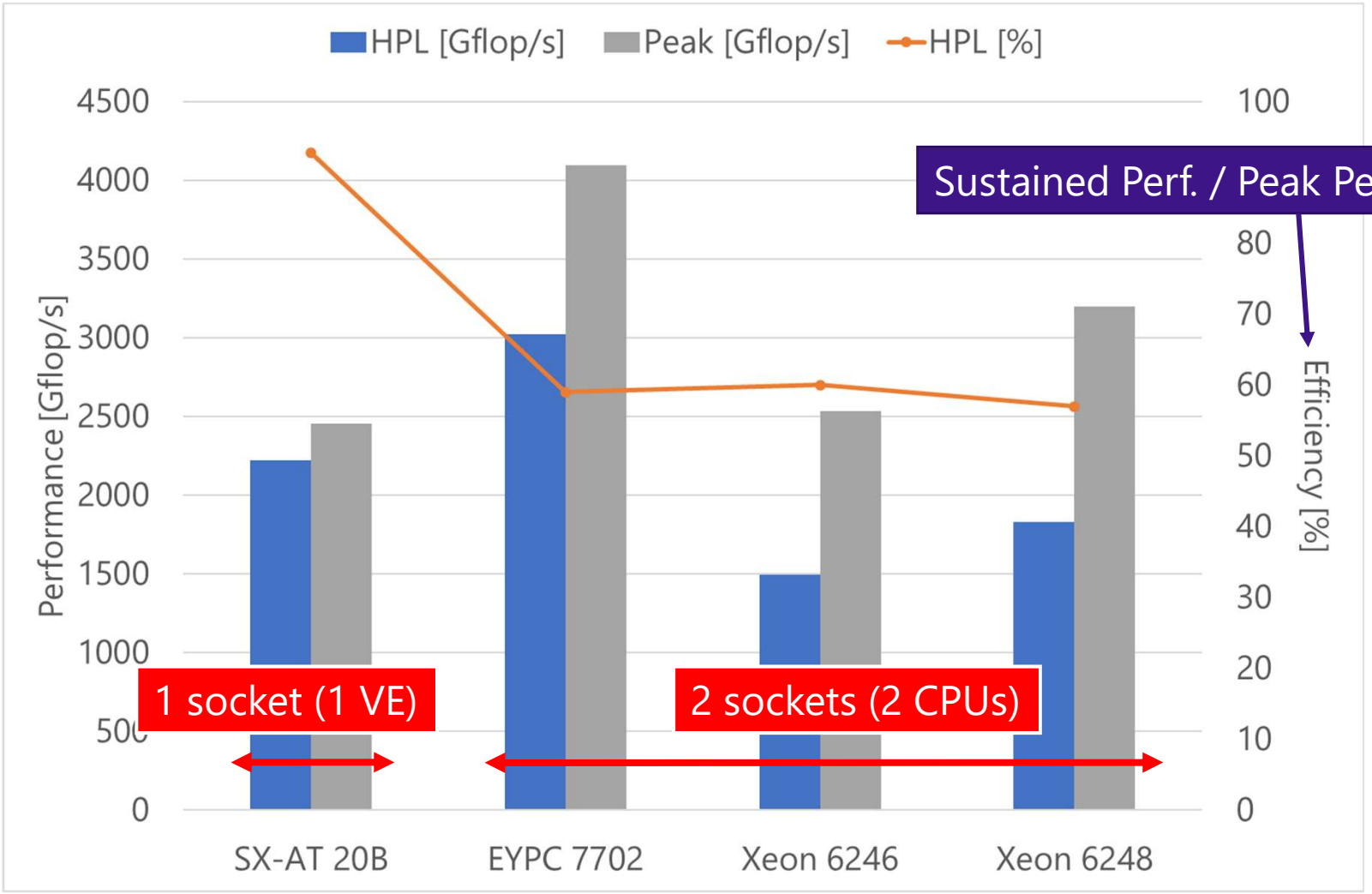
Egawa et al.@PMBS20

		SX-ACE	SX-AT 10B	SX-AT 10AE	SX-AT 20B	EPYC 7702	Xeon 6246	Xeon 6248
Core	Clock Freq. [GHz]	1	1.4	1.58	1.6	2	3.3	2.5
	Peak Perf. [Gflop/s]	64	268	304	307	32	105	80
Socket	No. of Cores	4	8	8	8	64	12	20
	Peak Perf. [Gflop/s]	256	2150	2433	2457	2048	1267	1600
	Mem BW [GB/s]	256	1228	1352	**1536**	204	140	140
Node	No. of Sockets	1	1	1	1	2	2	2
	Peak Perf. [Gflop/s]	256	2150	2433	2457	4096	2534	3200
	System B/F	1	0.56	0.56	**0.62**	0.1	0.11	0.09

AOBA

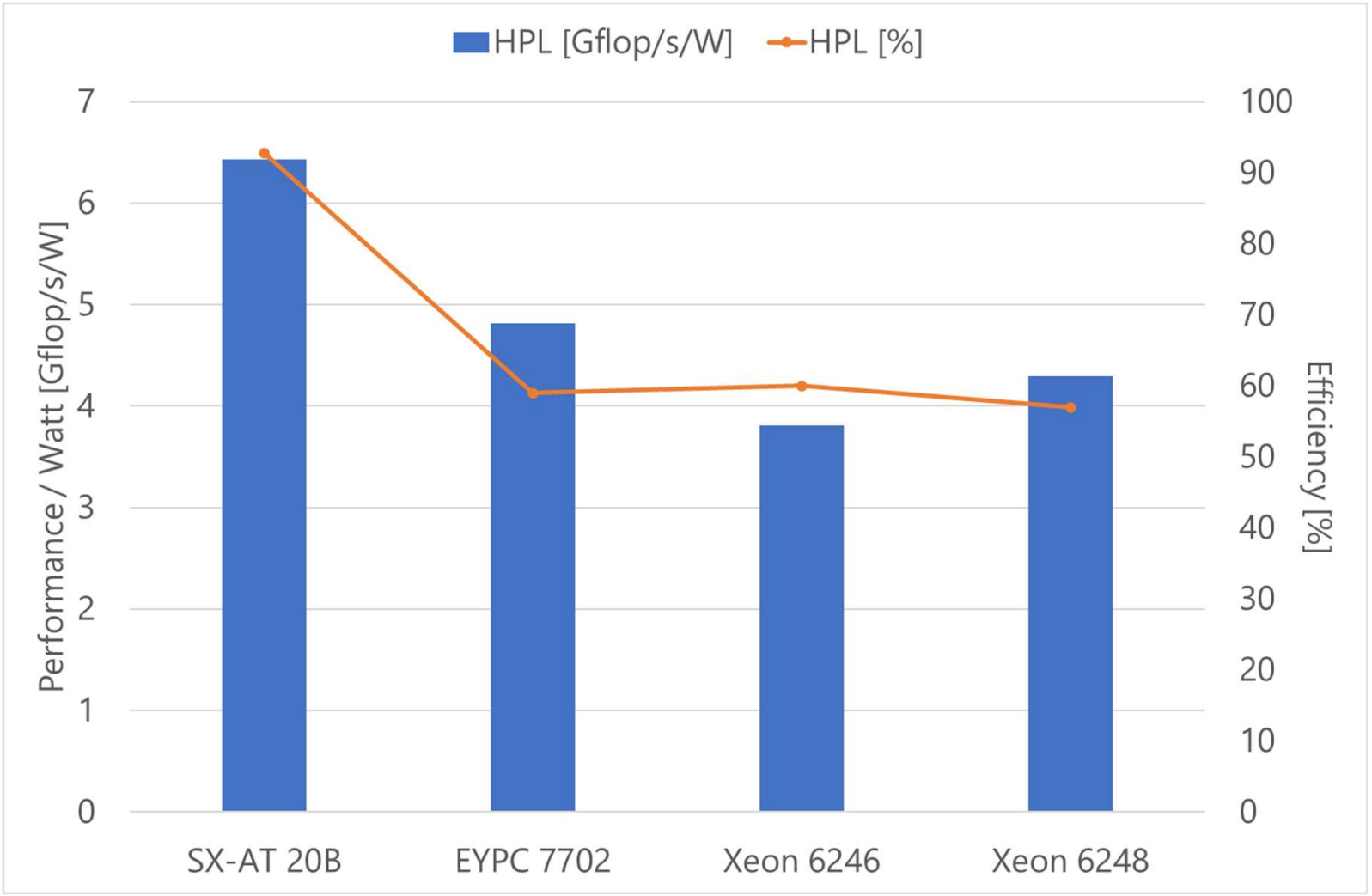
HPL 性能

Egawa et al.@PMBS20



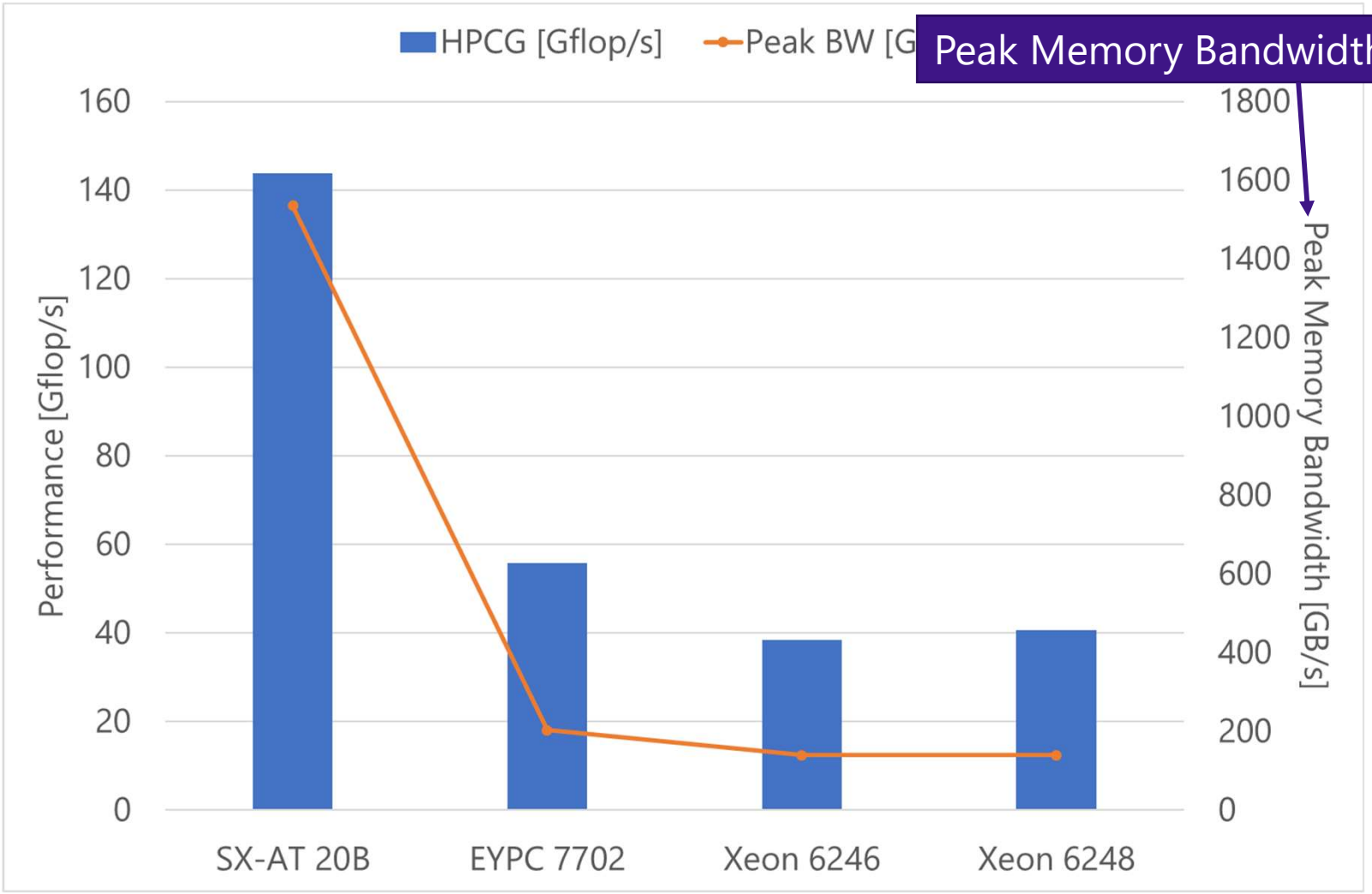
HPL 電力効率

Egawa et al.@PMBS20



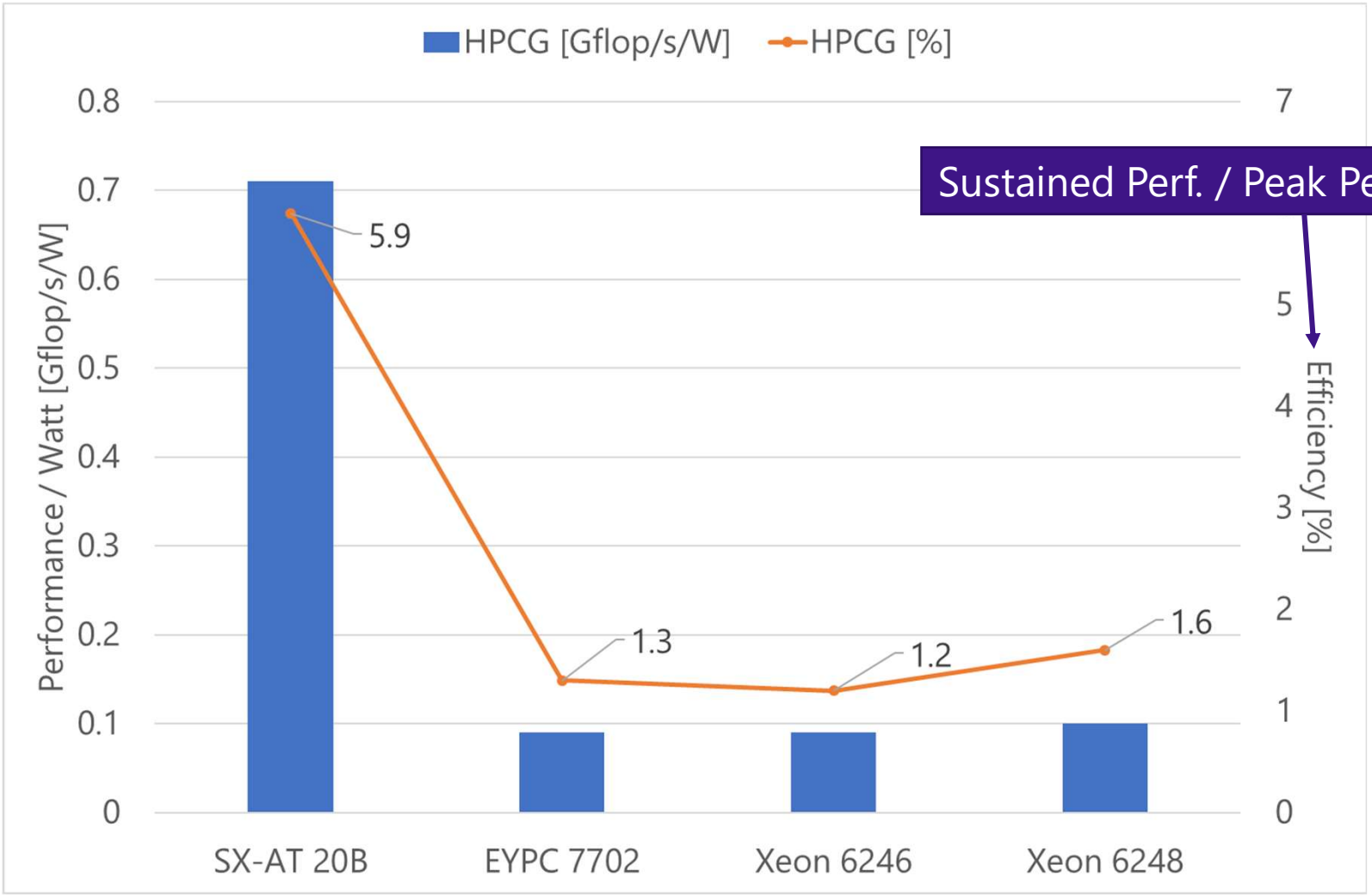
HPCG 性能

Egawa et al.@PMBS20



HPCG 電力効率

Egawa et al.@PMBS20

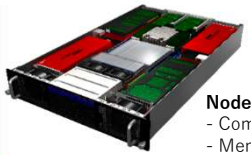


HPCG & HPL on AOBA

Egawa et al.@PMBS20

Subsystem AOBA-A

NEC SX-Aurora TSUBASA B401-8 x 72



Node Performance
- Comp. : 20.7 TF
- Mem size : 640 GB
- Mem BW : 12.4 TB/s

【SX-Aurora】
72VH(576VE) Peak 1415.6TF

HPL : 1140.1TF (Efficiency 80.5%)

HPCG : 75.3TF (Efficiency 5.32%)

Subsystem AOBA-B

NEC LX 406Rz-2 x 68

Node Performance
- Comp. : 4.1 TF
- Mem size : 256 GB
- Mem BW : 0.41 TB/s

【AMD Rome 7702】
68node Peak 278.5TF

HPL : 161.7TF (Efficiency 58.08%)

HPCG : 2.55TF (Efficiency 0.92%)

一般的なx86サーバと比較して**圧倒的に高い効率**を達成

実アプリによる評価

Egawa et al.@PMBS20

	Vectorization [%]	Ave Vec Len	No. of Processes	No. of VEs	B/F
HPL	99.3	254.4	256	32	0.31
HPCG	99.0	237.5	1	32	11.08
FDTD-MAS	99.6	252.7	1	1	0.29
Reflect_Array	98.8	216.1	8	1	3.74
Heat_Stroke	99.3	214.2	160	20	1.87
Nano_Powder	98.9	255.1	32	32	2.40
MHD	99.6	249.6	32	32	1.33
Turbine	92.0	175.5	159	20	2.52
Multiphase_Fl	29.1	18.0	1	1	12.88

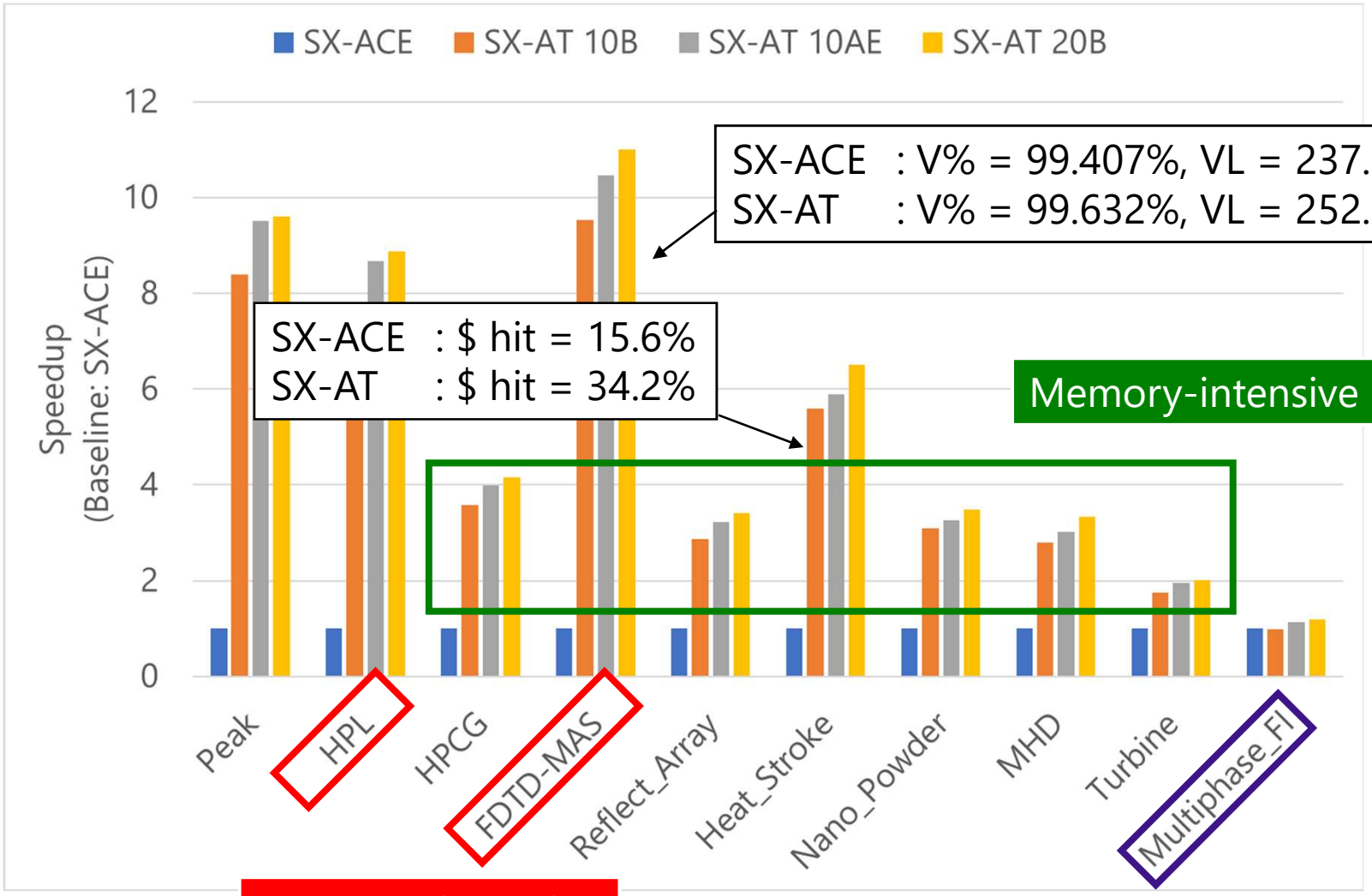
Compute-intensive

Memory-intensive

Vector-unfriendly

性能評価結果

Egawa et al.@PMBS20

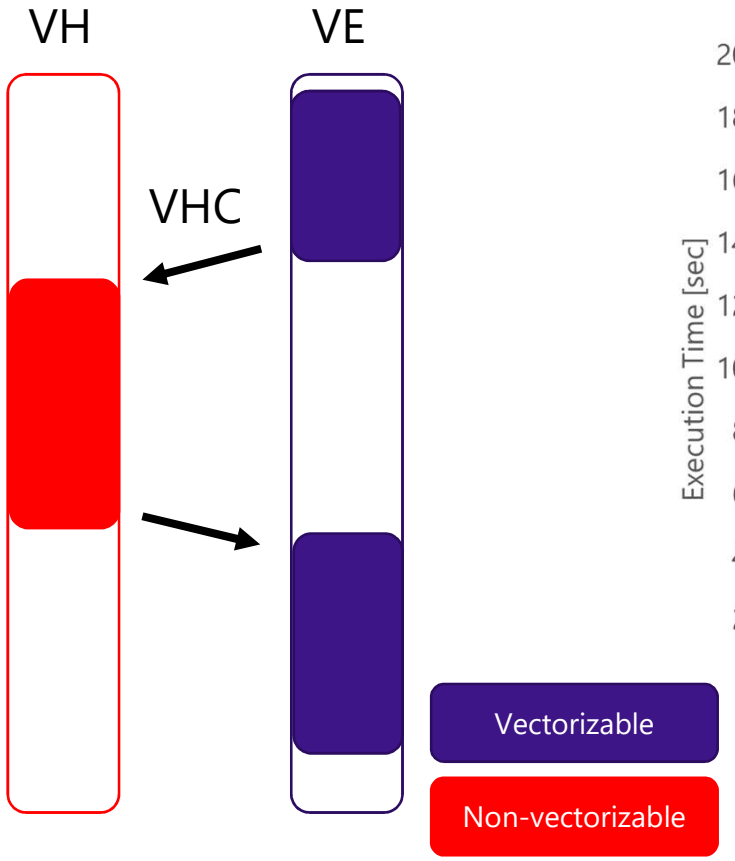


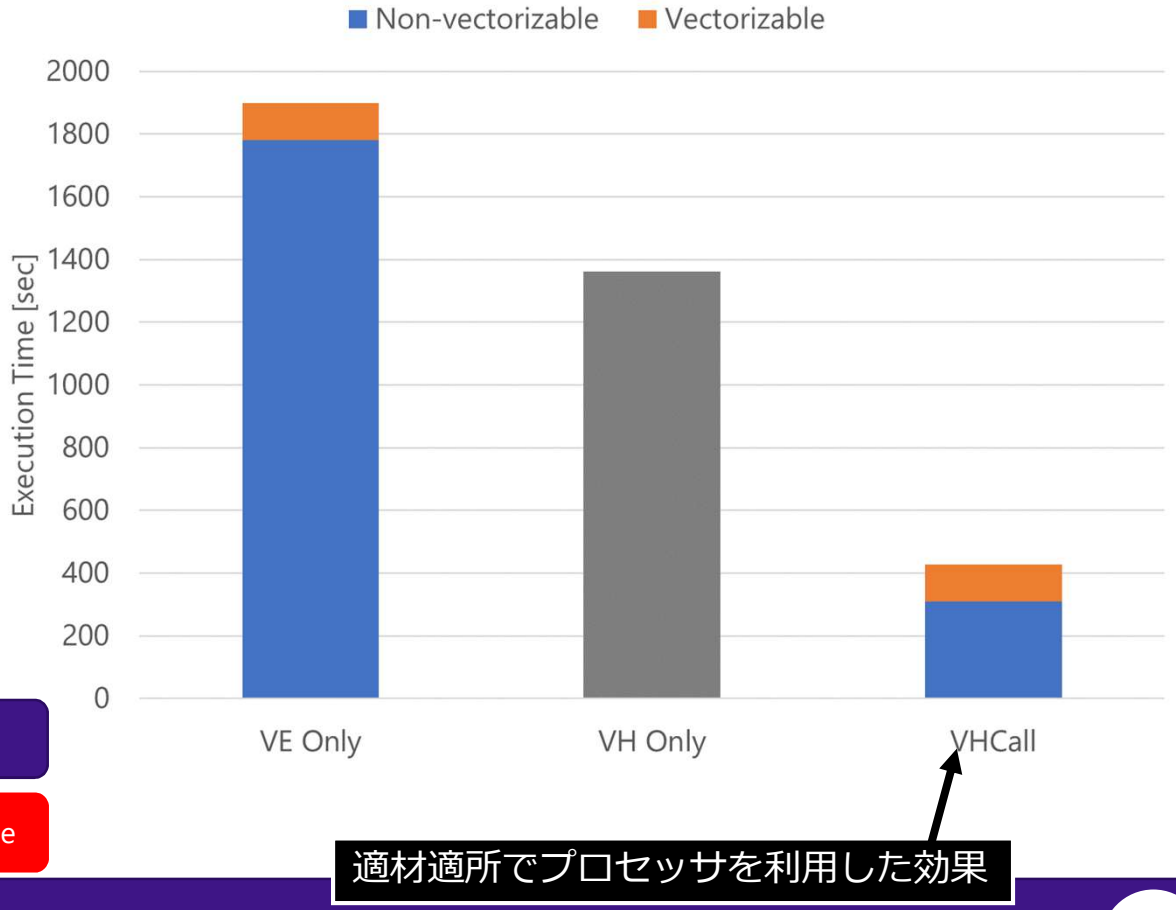
Egawa et al.@PMBS20

VHとVEの連携

■ Vector Host Call (VHC)

- ベクトル化できない部分を**VE**から**VH**にオフロード





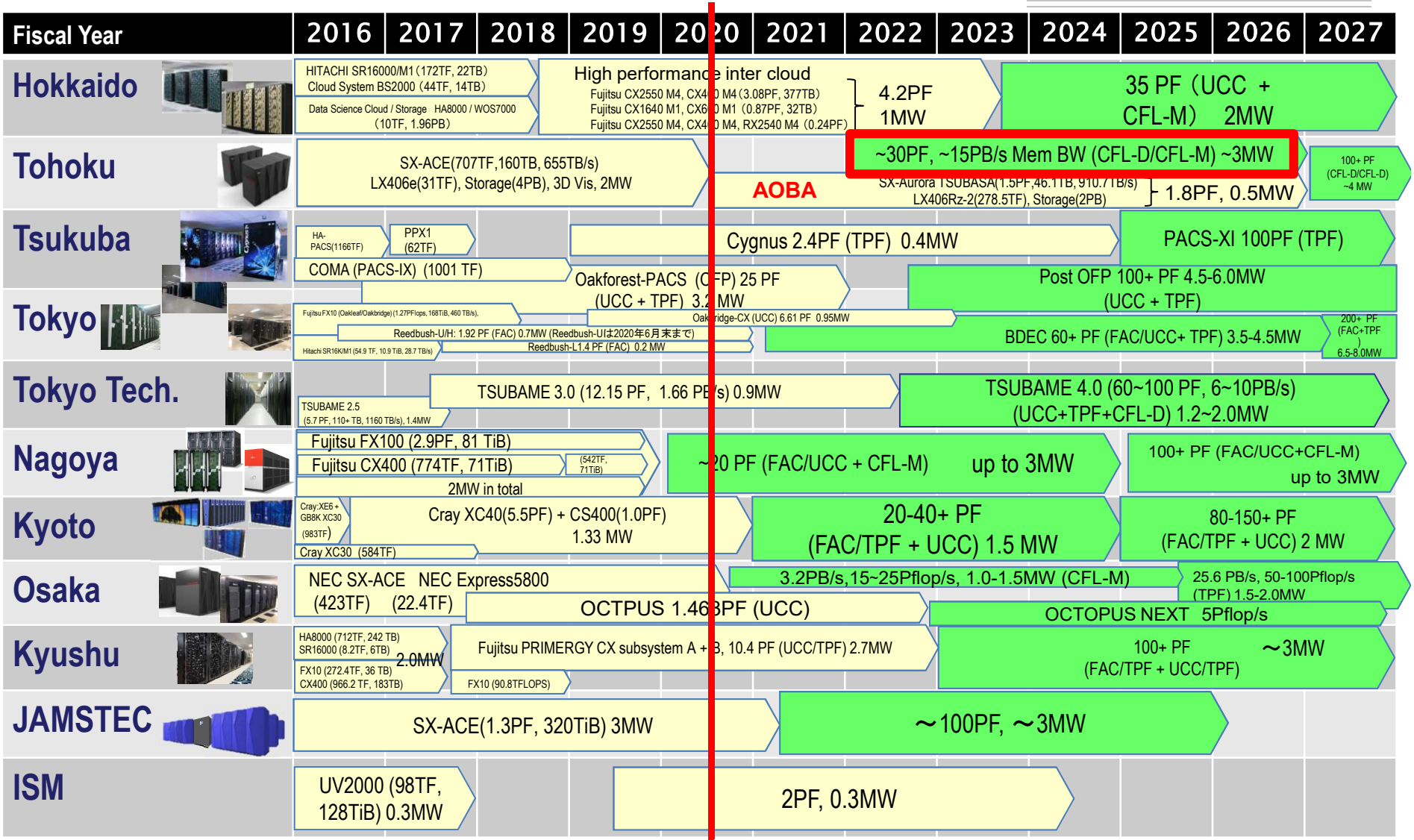
スパコンAOBAの特長

■ 標準的ソフトウェア、特色あるハードウェア

- ソフトウェア (=**使い勝手**) は**標準的なLinux環境**
  - 研究室にある演算サーバと同じ環境で利用可能
  - データ科学やAI分野で世界的に使われているソフトウェアも利用可能
- ハードウェア (=**性能**) は**特色あるベクトル型**
  - 高いメモリ性能とそれを活用するためのベクトル演算
    - AOBAで採用されているベクトルプロセッサは最大512演算を1命令で実行可能 (VFMA)
    - 通常のパソコンでは最大でも8つの数字の同時演算
  - 研究者自身が開発しているソフトウェアを高速化
    - 特別なハードウェアにもかかわらず普通のプログラミングで利用可能

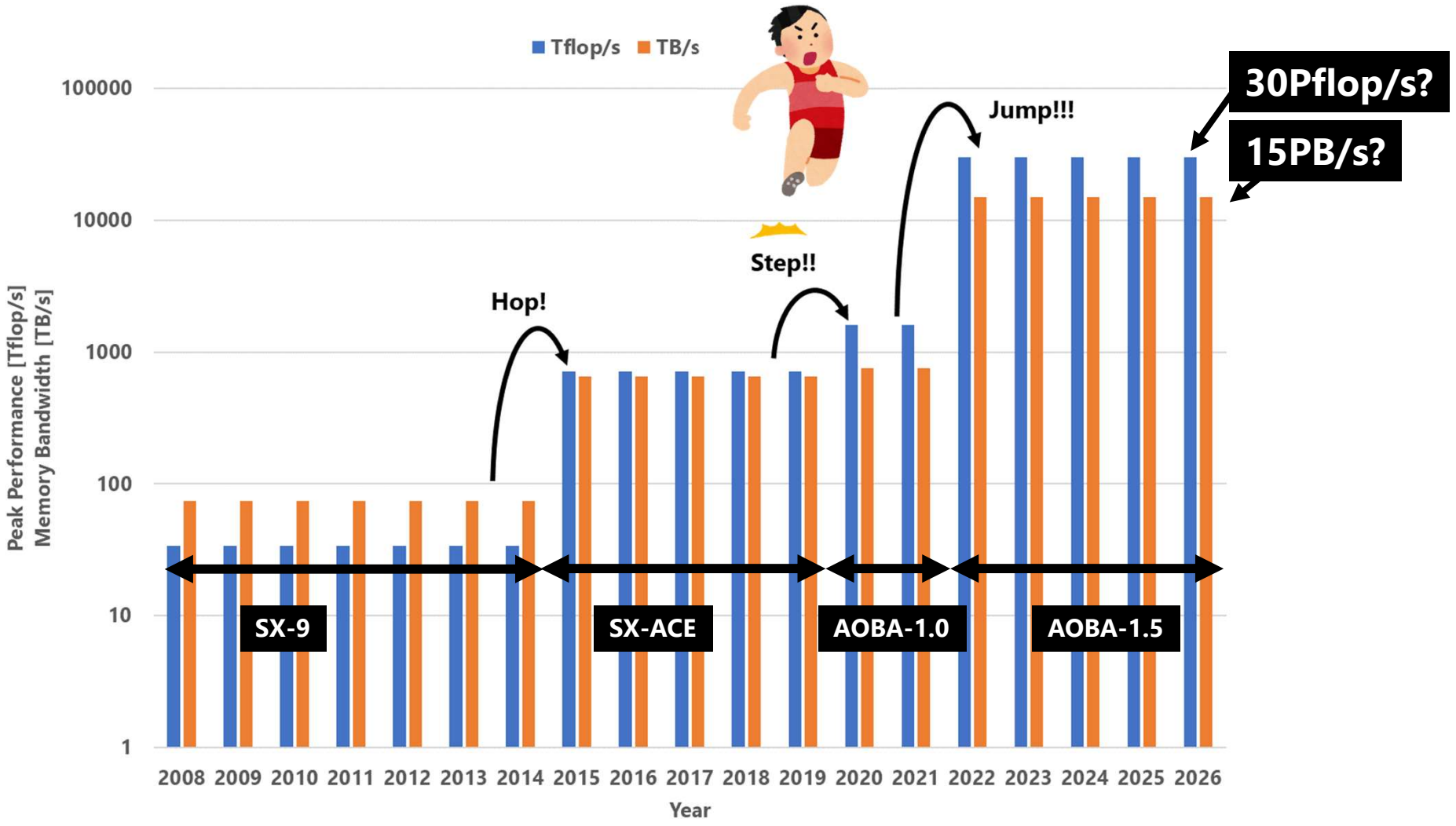
→ **使い勝手と性能の両立 = 真に役立つスパコン**

HPCI Tier 2 Systems Roadmap (As of June 2020)



Power is the maximum consumption including cooling

システム更新計画


Tflop/s
TB/s
Peak Performance [Tflop/s]
Memory Bandwidth [TB/s]
100000
10000
1000
100
10
1
Hop!
Step!!
Jump!!!
30Pflop/s?
15PB/s?
SX-9
SX-ACE
AOBA-1.0
AOBA-1.5
2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026
Year