

Cyber HPC Symposium

SX シリーズ最新機種SX-ACE のご紹介と 将来システムのコンセプトご紹介

2015年03月20日

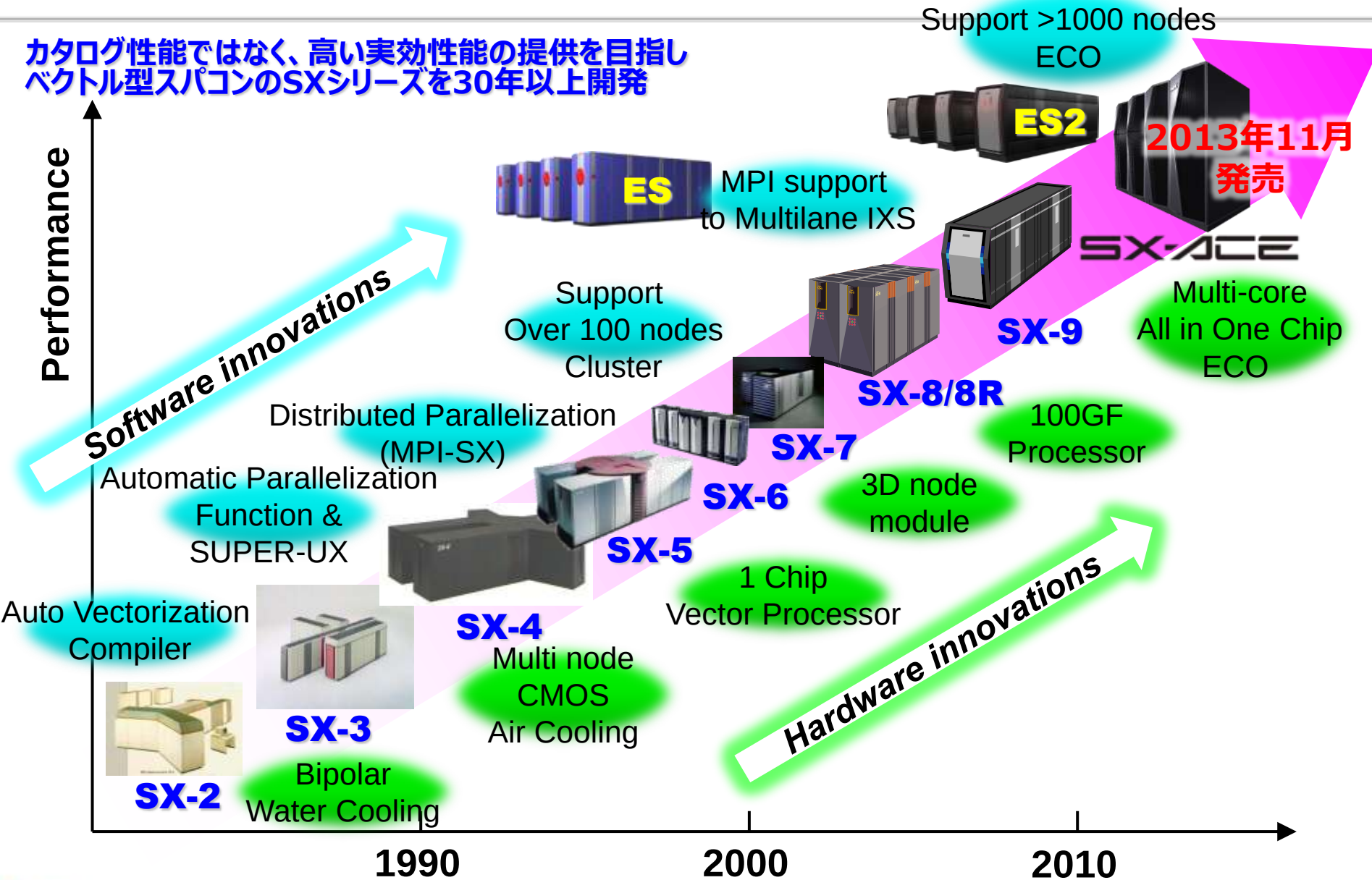
NEC ITプラットフォーム事業部 第三サーバ統括部
愛野 茂幸

SX-ACEのご紹介



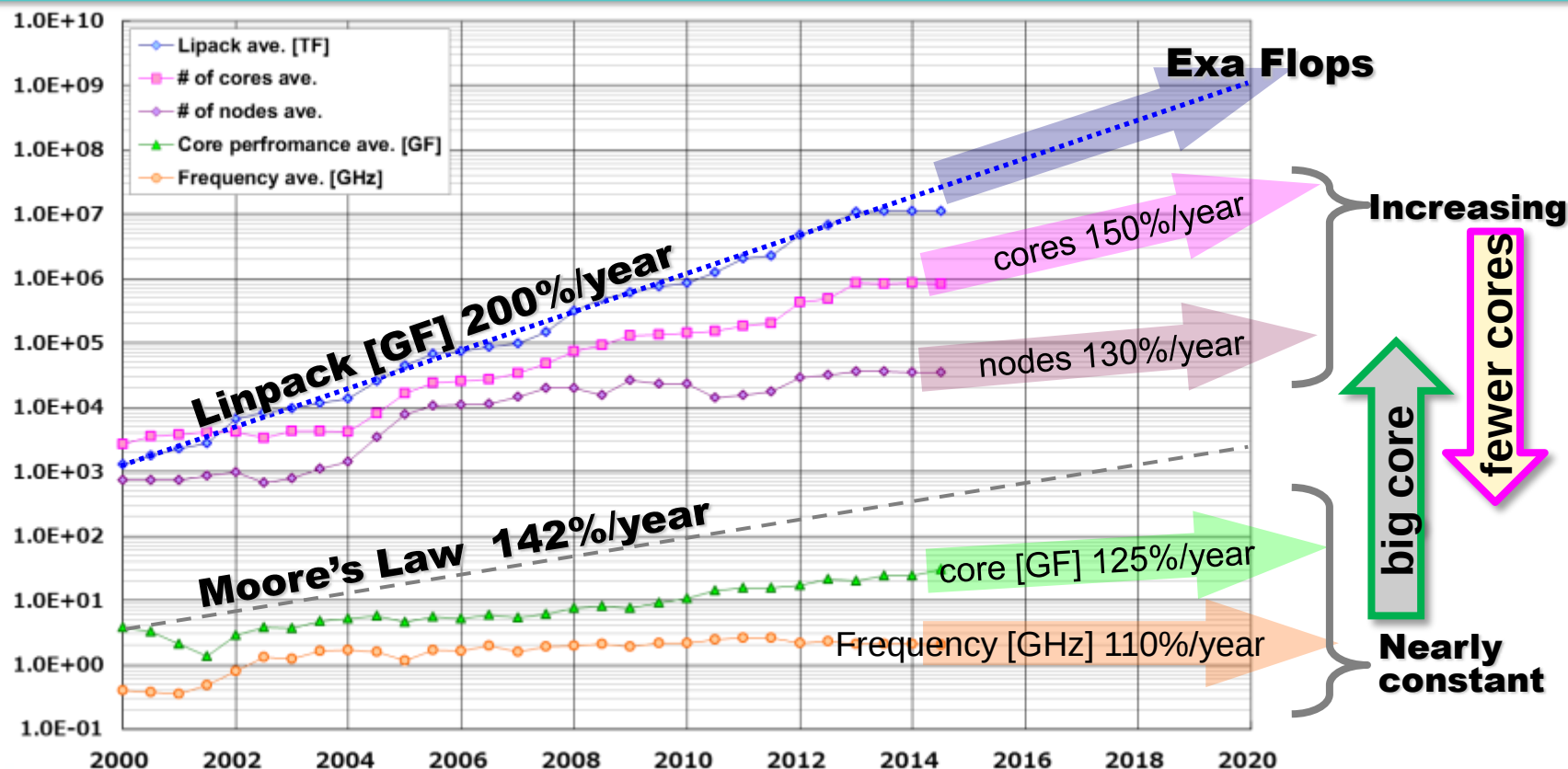
ベクトル型スパコン SXシリーズ

カタログ性能ではなく、高い実効性能の提供を目指し
ベクトル型スパコンのSXシリーズを30年以上開発



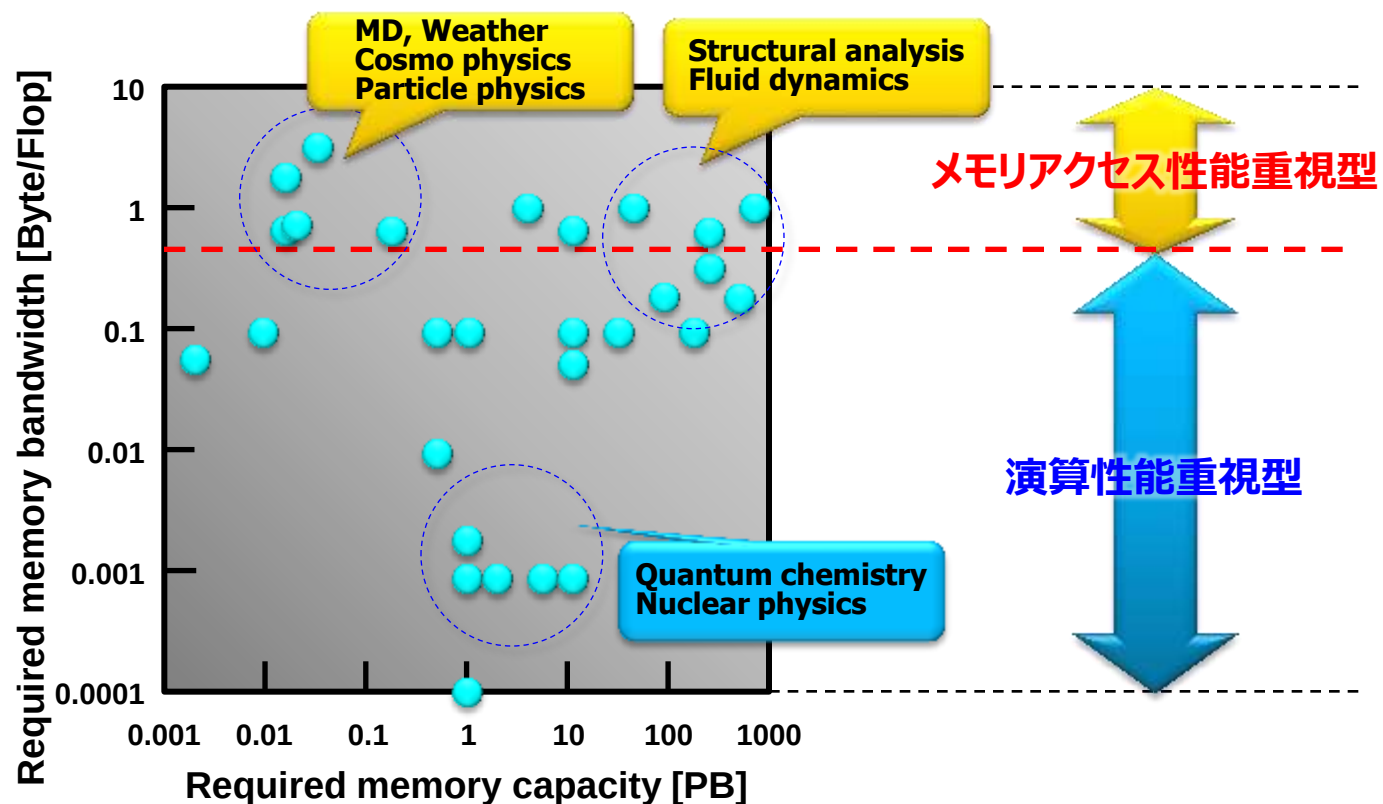
HPCの問題1: 超並列

- 単一コア性能は近年横ばい
- 年率2倍のシステム性能向上はコア数に依存
- 超並列システムにおけるプログラミングの問題、スケーラビリティの問題あり
- 高性能コアにより超並列の課題を解決



HPCの問題2: メモリウォール

- アプリケーション毎のメモリアクセス密度は様々
- 単一のアーキテクチャで全アプリ領域をカバーすることは困難
- SX-ACEのターゲットは高メモリアクセス密度領域



Reference: "Report on Strategic Direction/Development of HPC in Japan", March 2012



高いメモリ性能で、アプリケーションを高速実行

高性能コア

超並列・低メモリ帯域による性能向上鈍化を打破

世界一の単一コア性能:
世界一のメモリ帯域:

64GF
64~256GB/s

低消費電力

ベストなメモリ性能ソリューション

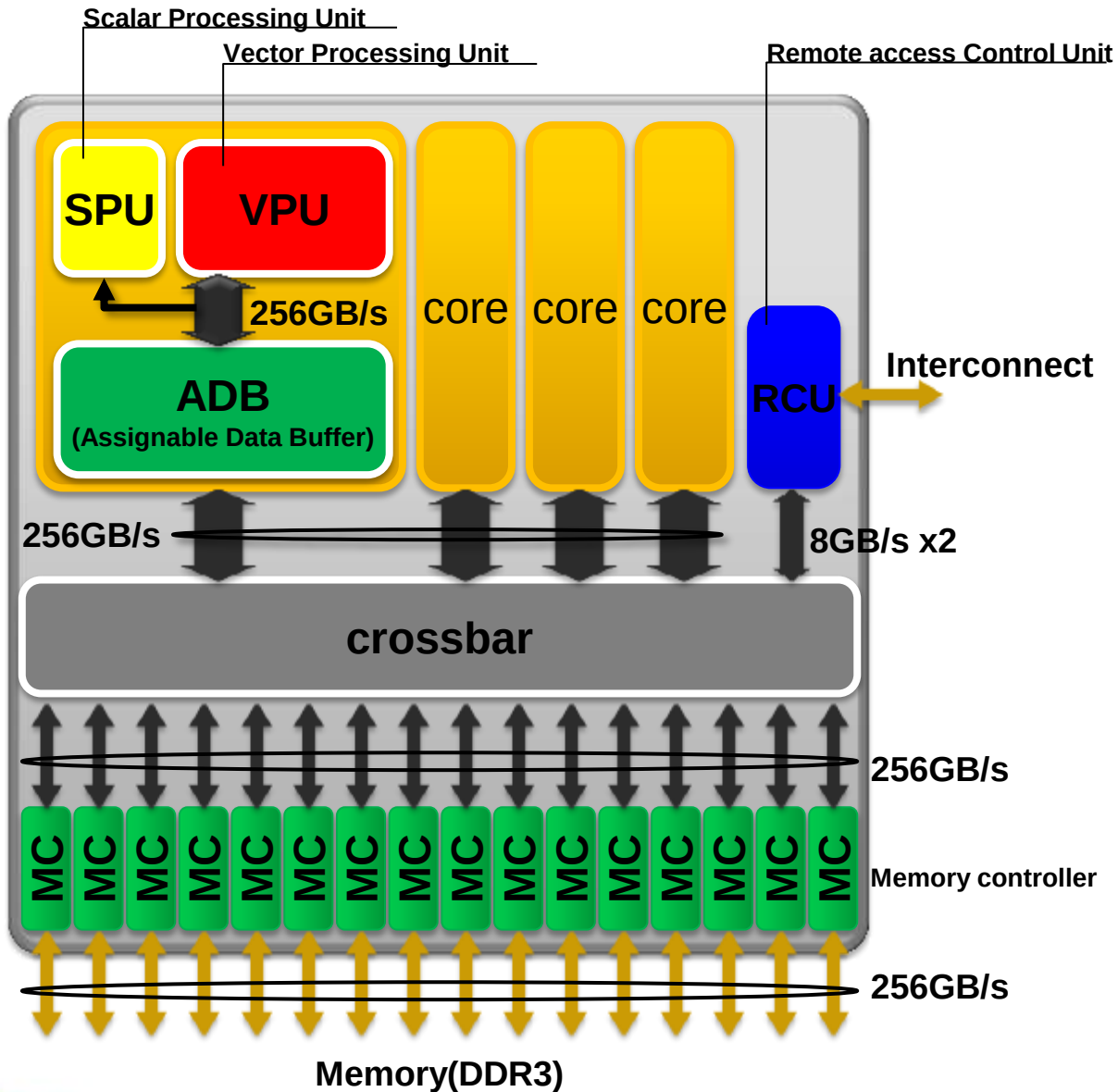
GB/s / Watt
compared x86 CPU **1.8x**

ハイブリッドシステム

ベクトル/スカラのタイトカップリングシステム

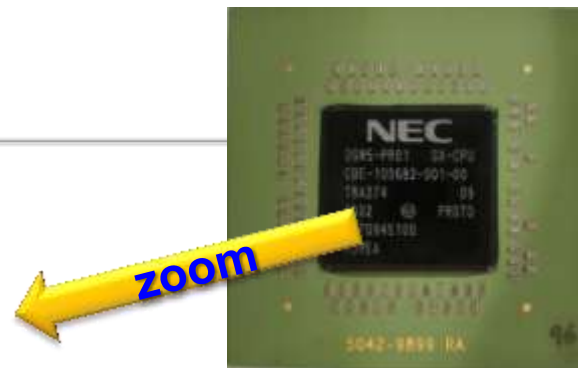
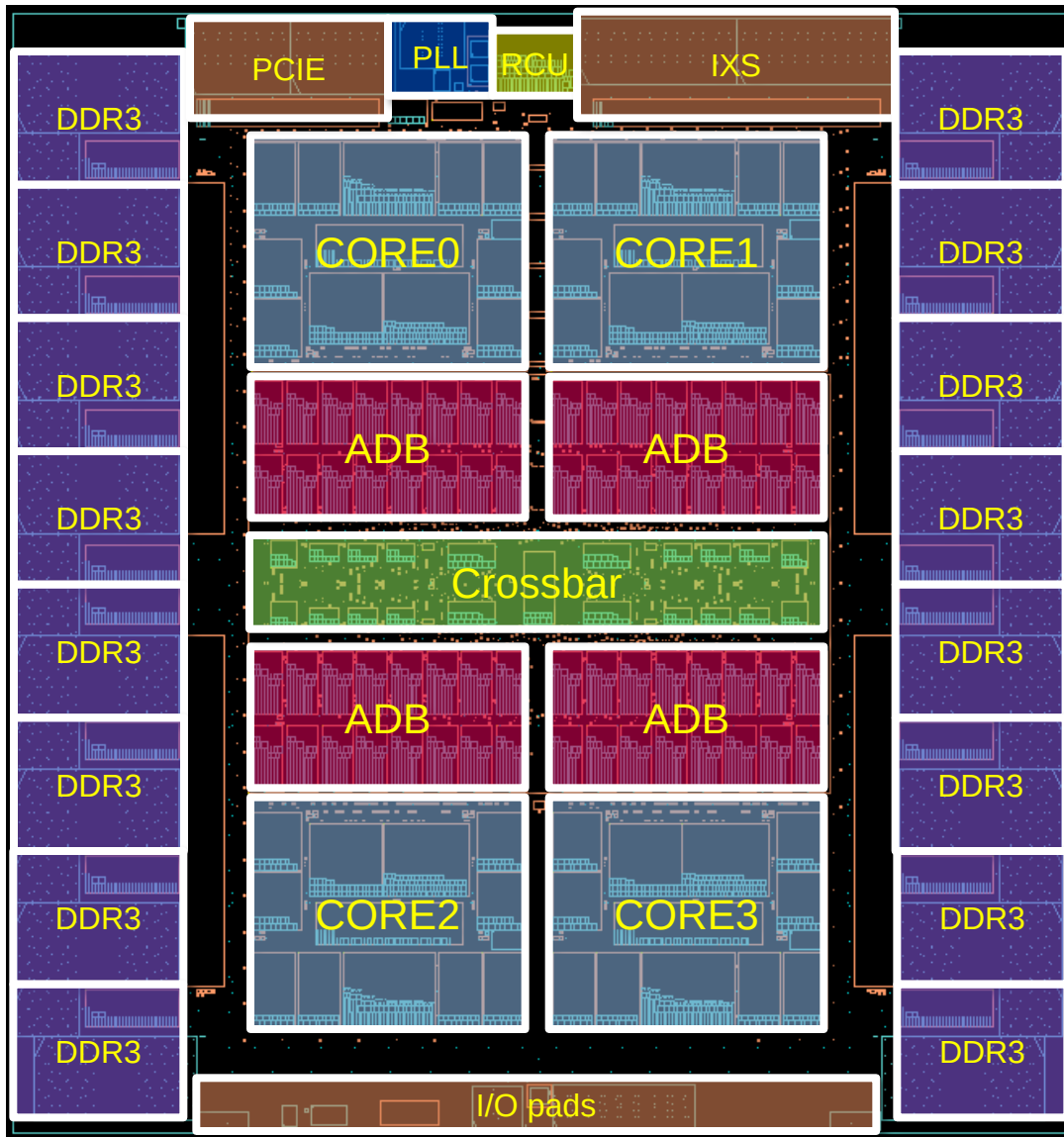
専用開発ソフトウェア

プロセッサ構成



Architecture	Vector
CORE	
Clock Frequency	1.0GHz
Performance	64GFlops
ADB size	1MB
ADB bandwidth	256GB/s
Memory bandwidth	64GB/s~256GB/s
Memory Byte/Flop	1.0 ~ 4.0
CPU	
Cores	4
Performance	256GFlops
Memory bandwidth	256GB/s
Byte/Flop	1.0
Memory capacity	64GB

プロセッサLSIレイアウト



■ メモリアクセス性能重視設計

■仕様

- デザインルール: 28nm
- クロック周波数: 1GHz
- 基板サイズ:

23.05 x 24.75mm

- トランジスタ数: 20億

■ インターフェイス

- DDR3 x 16ch.
- IXS
- PCIe x8 x2ch.

**SX-9 CPUのLSIに対して
5.5倍の集積度を実現**

アーキテクチャの工夫・改善による性能強化

- 短ベクトル性能・リストベクトル性能を強化
- 実効メモリ帯域向上のための新機能

短ベクトル性能強化

ベクトル命令発行能力強化

ベクトル演算器間バイパスパス強化

リストベクトル性能強化

メモリレイテンシ短縮

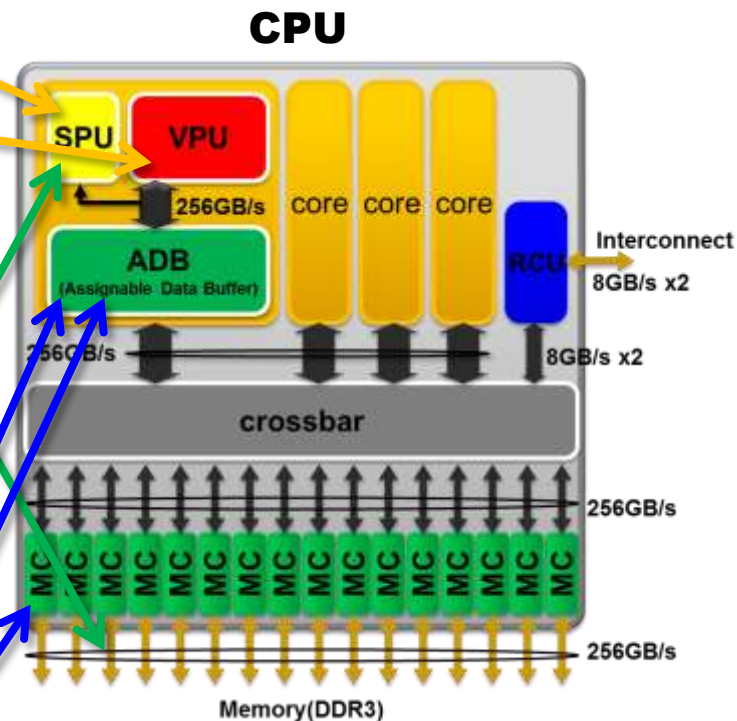
命令追い越し制御強化

実効メモリ帯域強化

ADB容量拡張

冗長なメモリロードの回避 (MSHR)

冗長なメモリストアの回避 (store merge)



SX-ACEの構成

SX-ACE

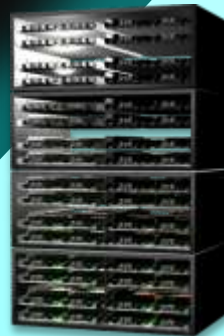


システム



ラック

64 nodes = 16TF, 16TB/s



16ノードケージ x4

4 cages = 32 modules = 64 nodes = 64 CPUs



16ノードケージ

8 modules = 16 nodes = 16 CPUs



2ノードモジュール

2 nodes = 2 CPUs

ノードカード

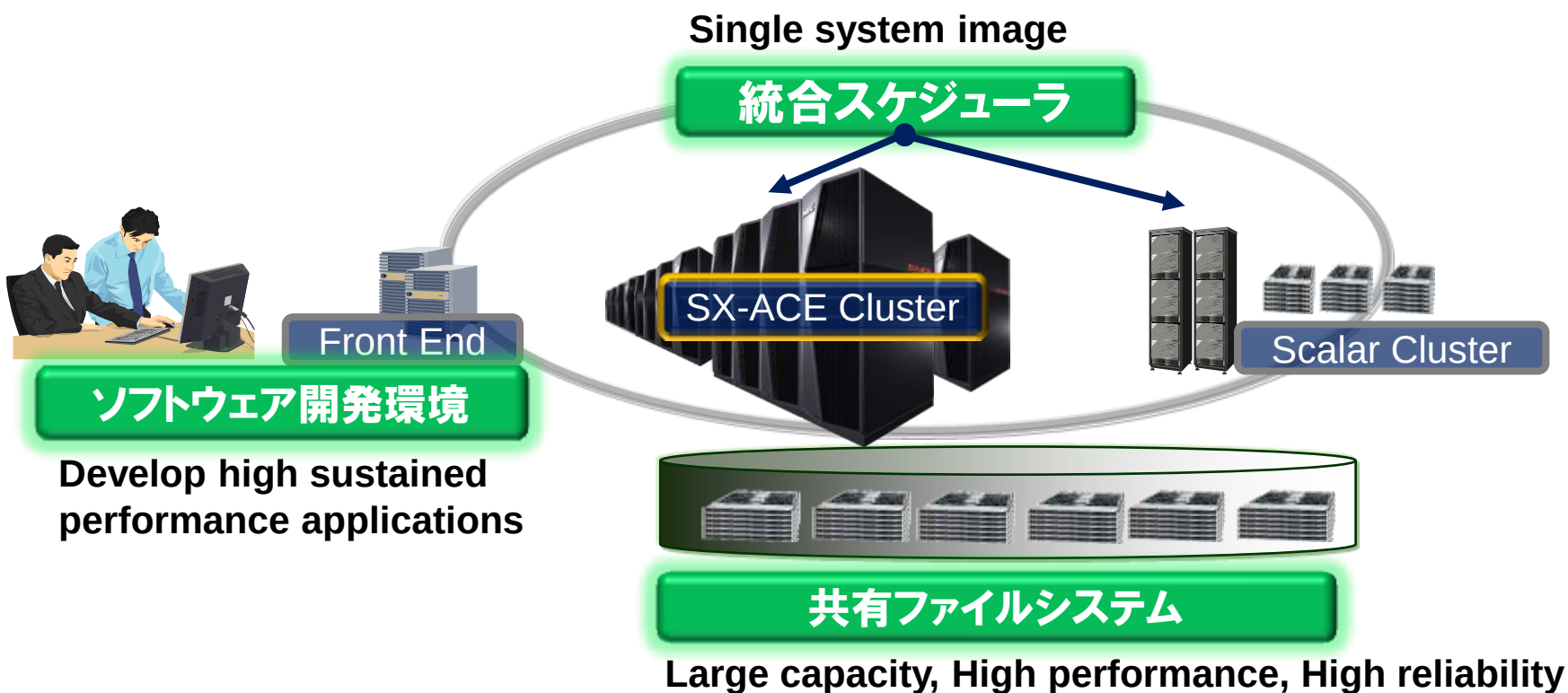
1CPU, 256GF, 256GB/s

ラック仕様

16TF、16TB/s、64 CPUs
0.75m x 1.5m x 2.0m
30KW

ハイブリッド環境

アプリケーションを適材適所で実行可能な**ハイブリッドシステム**
SX-ACEとPCクラスタを単一システムとして運用可能



SX-ACEの性能評価

評価プログラム

評価項目	性能計測プログラム
オフチップ メモリバンド幅	STREAM (TRIAD)
オフ/オンチップ メモリバンド幅	Himenoベンチマーク (メモリアクセス負荷大)
実アプリケーション性能	要求B/Fの高い科学技術計算

※ 測定はコンパイラオプションの最適設定により実施（ソースプログラムの変更はなし）

性能測定結果

CPU	理論CPU性能	メモリバンド幅	ラック定格電力/CPU
SX-9	102GF : 102GF x 1コア	256GB/s	1875W
SX-ACE	256GF: 64GF x 4コア	256GB/s	469W
IVB(Xeon)	230GF : 19GF x12コア	60GB/s	200W
Power7	245GF : 31GF x 8コア	128GB/s	656W
FX10(Sparc)	234GF : 15GF x16コア	85GB/s	281W

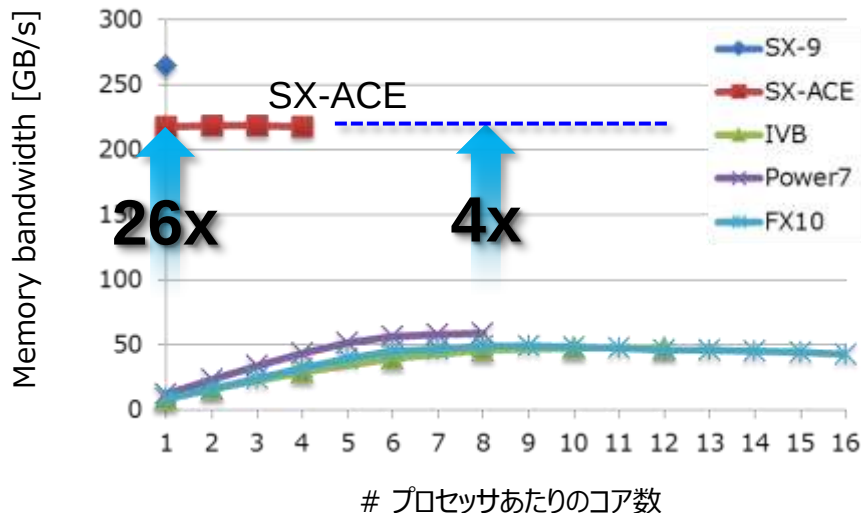
※ Xeon、Power7、FX10 の測定は、東北大学様との共同研究プロジェクトの一環で実施

メモリバンド幅の評価(1)

オフチップ・メモリバンド幅の測定

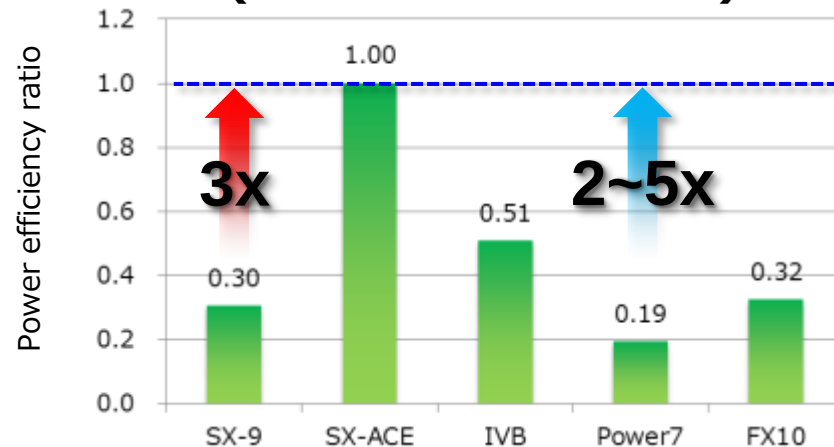
■ ベンチマーク・プログラム: STREAM (TRIAD)

実効メモリバンド幅



- SX-ACE単一コアのみがメモリバンド幅をフルに利用可能
- 並列処理においてメモリ参照負荷の高い逐次処理部分を高速化可能

電力あたり実効メモリバンド幅 (SX-ACE=1とした比較)



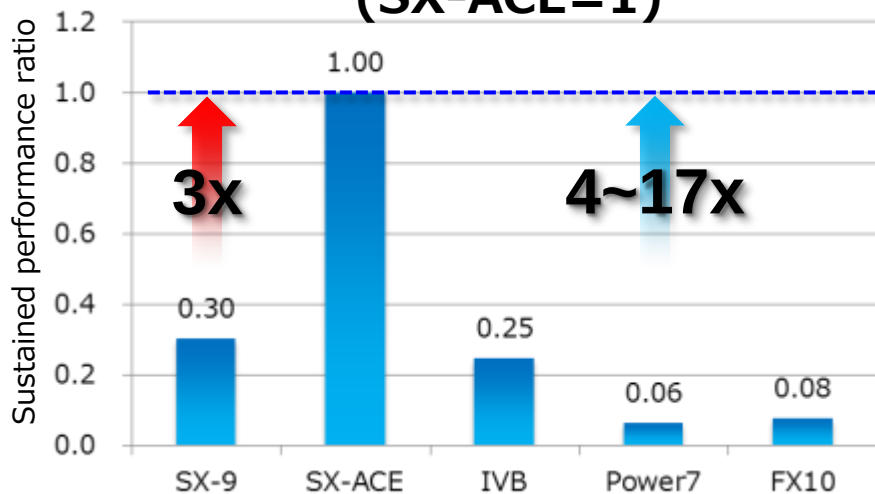
- SX-ACEは、消費電力あたりで最も高いメモリ バンド幅を実証

メモリバンド幅の評価(2)

オフ/オンチップ・メモリバンド幅の測定

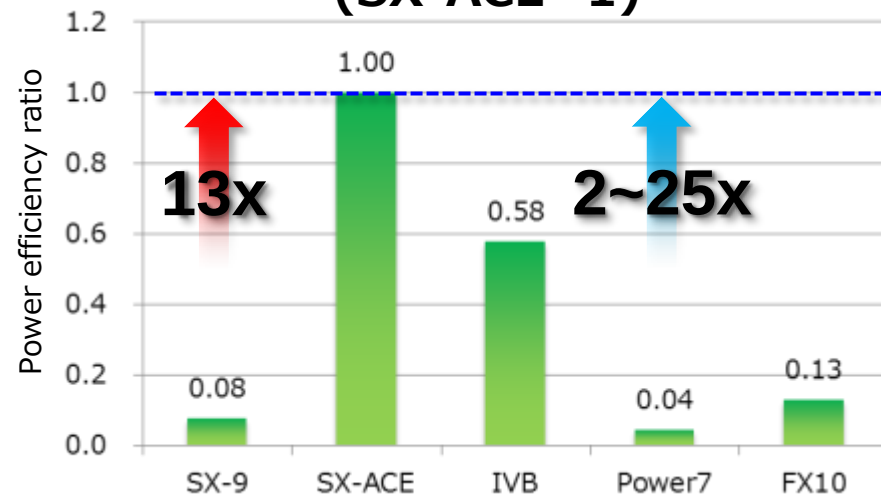
- ベンチマーク・プログラム : Himenoベンチマーク (メモリアクセス負荷大)
～ ヤコビ逐次反復法によるPoisson方程式の求解

実効メモリバンド幅
(SX-ACE=1)



- ADBおよびMSHRにより、従来機と比較して実効メモリバンド幅が向上
- SX-ACEが圧倒的な高さを実証

電力あたりの実効メモリバンド幅
(SX-ACE=1)

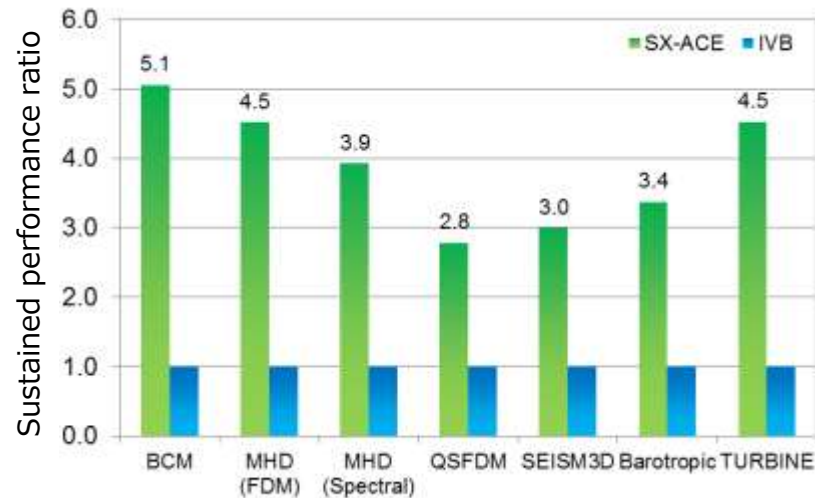


- メモリ/キャッシュアクセス負荷の高いアプリケーションでは、SX-ACE は2~25倍も高い電力効率を実現

高B/Fアプリケーション性能評価

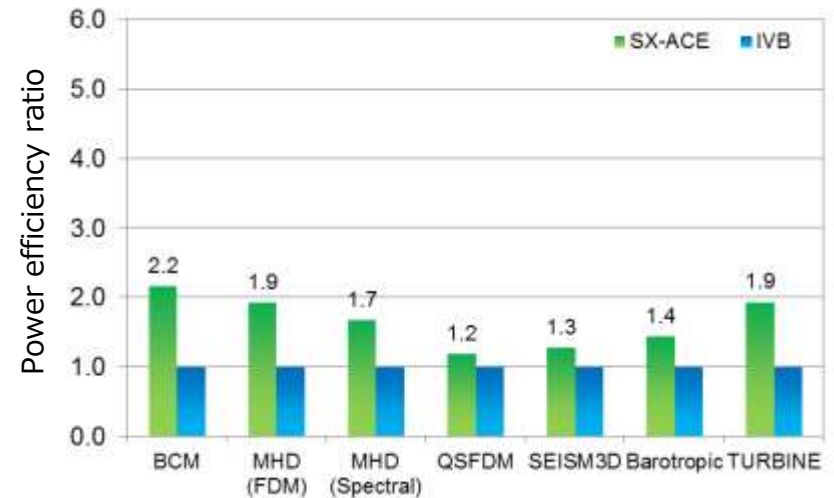
Applications	Fields	Methods	Bytes/Flop
BCM	CFD	Navier stokes equation	7.01
MHD (FDM)	Magneto Hydro Dynamics	Finite Difference Method	3.04
MHD (Spectral)	Magneto Hydro Dynamics	Pseudo spectral Method	2.21
QSFDM	Seismology	Spherical 2.5D FDM	2.16
SEISM3D	Seismology	Finite Difference Model	2.15
Barotropic	Ocean General Circulation Model	Shallow water model	1.97
TURBINE	CFD	DNS	1.78

実効性能(IVB=1)



2.8~5.1xの高いプロセッサ性能

電力効率(IVB=1)



1.2~2.2xの高い電力効率

HPCGで最大効率を達成

SX-ACEがHPCGベンチマークで世界一の実行効率を実現

- HPCG (High Performance Conjugate Gradient、共役勾配法処理ベンチマーク)
- 共役勾配法は科学技術演算に広く用いられている
- Flop/sのみを計測するLINPACKを補完するベンチマークとして期待されている

Rank	Site	Computer	Cores	HPL Rmax (Pflops)	HPL Rank	HPCG (Pflops)	HPCG/ HPL	% of Peak
12	Grand Equipement National de Calcul Intensif	Occigen Bullx Xeon 12C 2.6Ghz + Inf	50,544	2.07		.0448	2.8%	2.2%
13	U of Tokyo	Occigen Bullx Xeon 12C 2.6Ghz + Inf	76,800	1.043	36	.0448	4.3%	3.9%
14	Texas Advanced Computing Center	Stampede, Dell Intel (8c) + Intel Xeon Phi (61c) + IB	157,696 (462,462)	1.762 (5.168)	7	.044	2.5% (.9%)*	1.5% (.5%)*
15	IFERC	Helios Bullx B510 Intel Xeon 8C 2.7 GHz + IB	70,560	1.24	30	.0426	3.4%	2.8%
16	HWC U of Stuttgart	Hornet Cray Xeon 2.5GHz	94,656	2.763		.0391	1.4%	1.0%
17	SURF Sara	Cartesius2 Bullx Intel Xeon	25,920	.848		.0195	2.3%	1.8%
SX-ACE 18	Cyberscience Tohoku U	NEC SX-ACE 4C + custom	2,048	.123	*	.0135	10.9%	10.3%
19	Meteo France	Beaufix Bullx B710 Intel Xeon 12C 2.7 GHz + IB	24,192	.469	79	.0110	2.3%	2.1%
20	Meteo France	Prolix Bullx B710 Intel Xeon 2.7 GHz 12C + IB	23,760	.465	80	.0100	2.1%	1.9%
21	Bull Angers	Manny Bullx B720 Xeon 12C 2.6 GHz + IB	12,960	.430		.0097	2.3%	1.8%
22	U of Toulouse	CALMIP Bullx DLC Intel Xeon 10C 2.8 GHz + IB	12,240	.255	184	.00725	2.8%	2.6%
23	Cambridge U	Wilkes, Intel Xeon 6C 2.6 GHz + Nvidia Kepler 14C + IB	5120	.240	241	.00385	1.6%	1.0%
24	TiTech	TUSBAME-KFC Intel Xeon 6C 2.1 GHz + IB	2720	.239	392	.0037	2.5%	1.7%
25	SURRF Sara	Cartesius Bullx Xero, 8C 2.5GHz + IB	3036	.154	499	.0025	1.7%	1.2%

実行効率

HPCG性能
ピーク性能

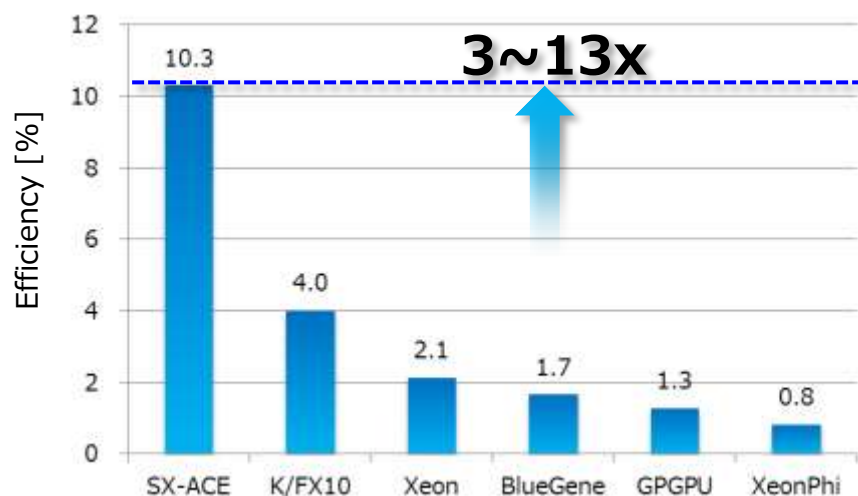


HPCG効率比較

HPCGベンチマーク結果

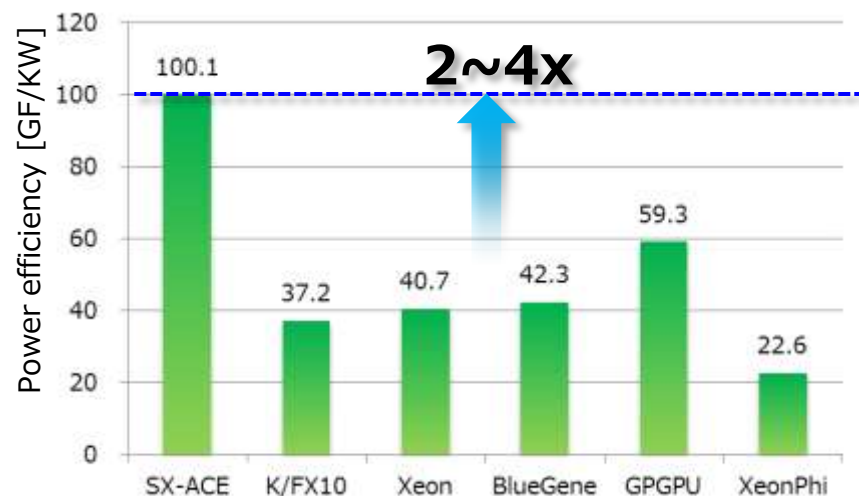
- 実行効率： 唯一10%を超える効率を達成。他システム比3~13倍
- 電力効率： Green500では優位なGPGPUやXeonPhiの2倍

実効効率
(システム毎の平均)



唯一10%を超える実行効率

電力効率
(システム毎の平均)



アーキテクチャ別で最大の電力効率

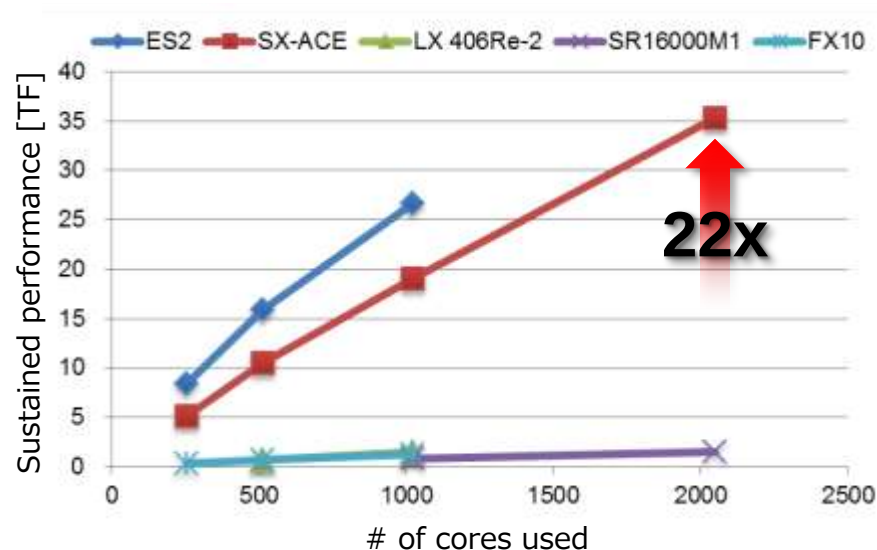
Green500の電力値により電力効率を算出

マルチノード性能評価

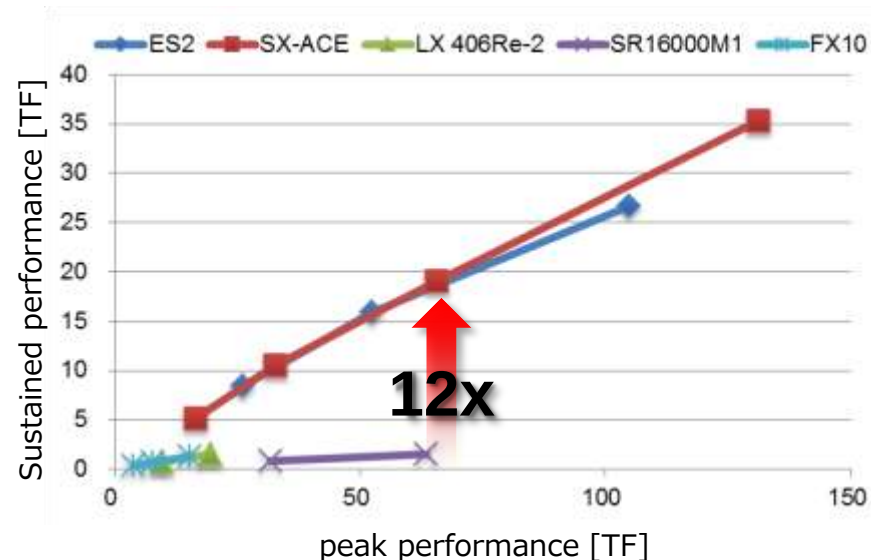
地震波伝搬シミュレーションによる性能評価

- Application: Seism3D with flat-MPI
Seismology code with FDM (Finite Difference Model)

実効性能
(X軸: コア数)



実効性能
(X軸: ピーク性能)

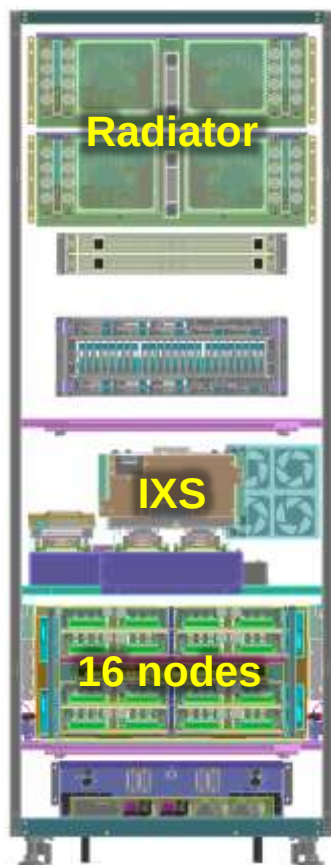


世界最速コアにより、圧倒的な計算速度を実現

SX-ACE Lite

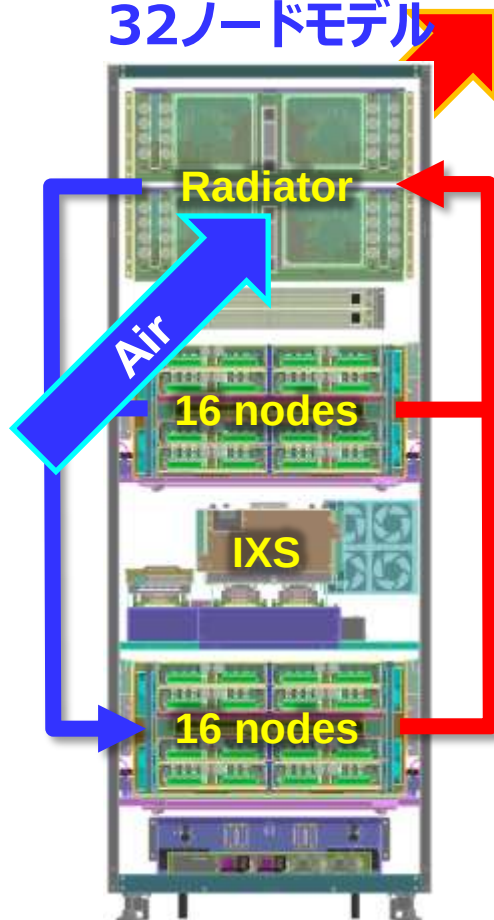
小規模システム構成向けモデル。空冷により通常の空冷マシン室への設置が可能

16ノードモデル



10KVA

32ノードモデル



18KVA

SX-ACE Lite

小規模構成システムモデル

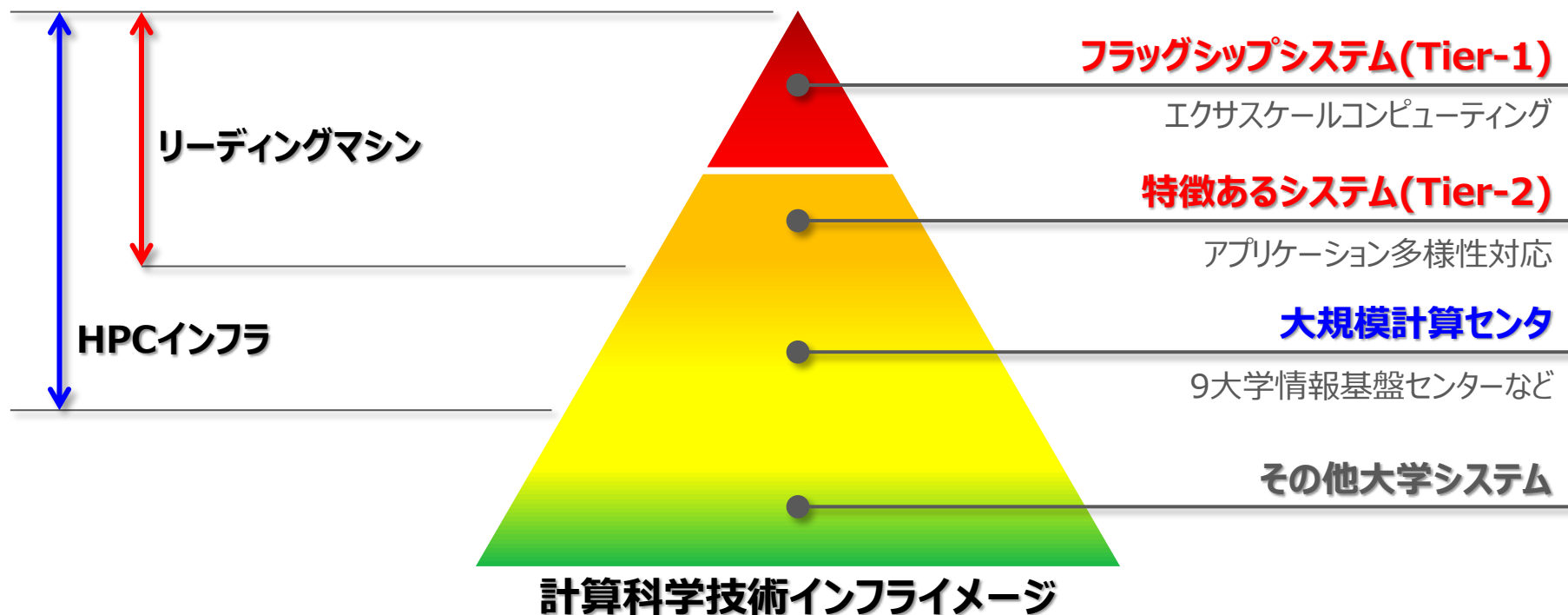
16ノード版、32ノード版

空冷（ラック内循環水冷）

将来システムのコンセプトご紹介 (開発プロジェクトコード: Aurora)



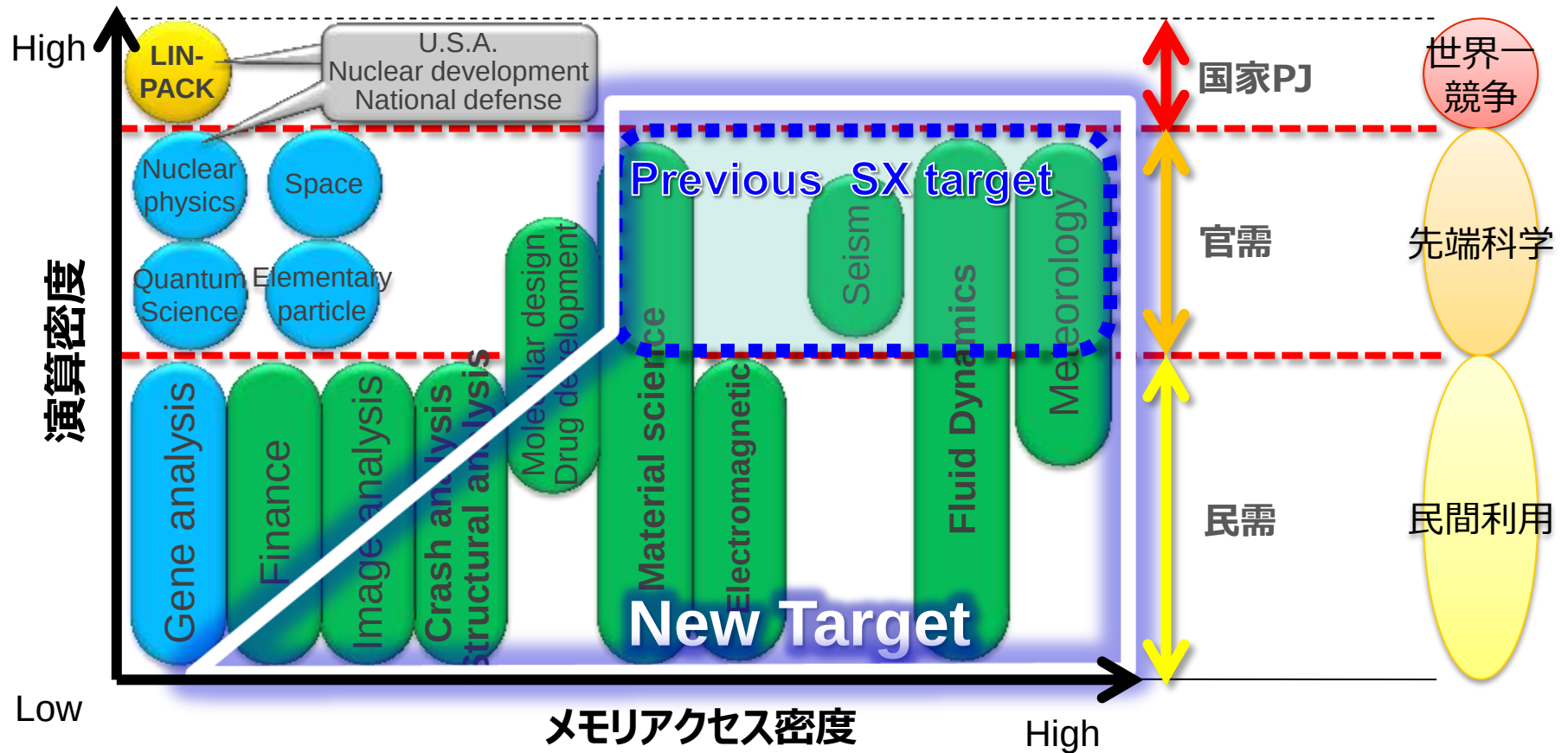
ナショナルリーディングマシンとしての位置付け



出典：HPCI計画推進委員会 今後のHPCI計画推進のあり方に関する検討WG報告書

- 社会的・科学的課題の解決のために、**メモリ帯域重視型のシステム**が必要
- 科学・産業のあらゆるアプリケーション領域をカバーするためには、フラッグシップシステムを補完する特徴ある**第二階層システム**が必要
- **NEC**は第二階層システムの検討を継続中

ターゲット市場

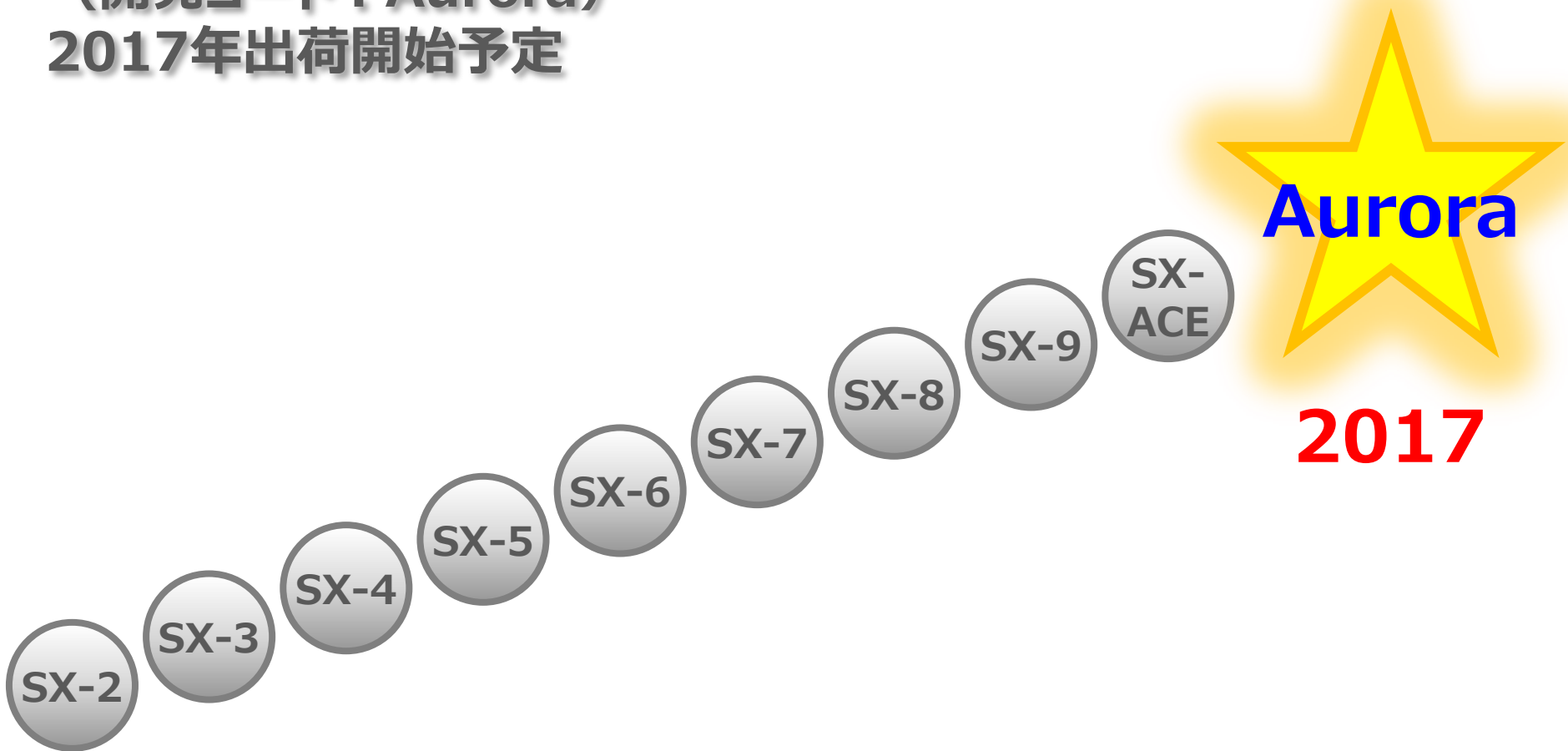


次世代ベクトルスーパーコンピュータ開発に着手

SX-ACEの後継機種を開発中

(開発コード：Aurora)

2017年出荷開始予定



*Aurora: project code for NEC's next generation vector product

Auroraの提供する価値

使いやすさ

標準環境 + ハードウェア性能を最大化する専用ソフト群

高実効性能

世界最速コア + 世界最大のメモリ帯域

最大のメモリ帯域/価格、メモリ帯域/電力

メモリ帯域を必要とするアプリケーションを最小コストで最速実行

設計コンセプト①

主要プロセッサの問題

超並列・メニイコア

スケーラビリティ問題
プログラミングが困難

メモリ帯域不足

ピーク性能のみの向上
B/Fの低下

未成熟なベクトル方式

コア性能がSIMDに依存
スカラーコードでは性能が不十分



超高性能コア

スケーラビリティ問題を低減
容易なプログラミング



世界一のメモリ帯域

演算性能とバランスしたメモリ帯域
B/F最大のコア・プロセッサ



実績のあるベクトル方式

ベクトル方式をさらに改良
HW/SWの協調設計

Auroraは主要プロセッサが抱える問題点を解決

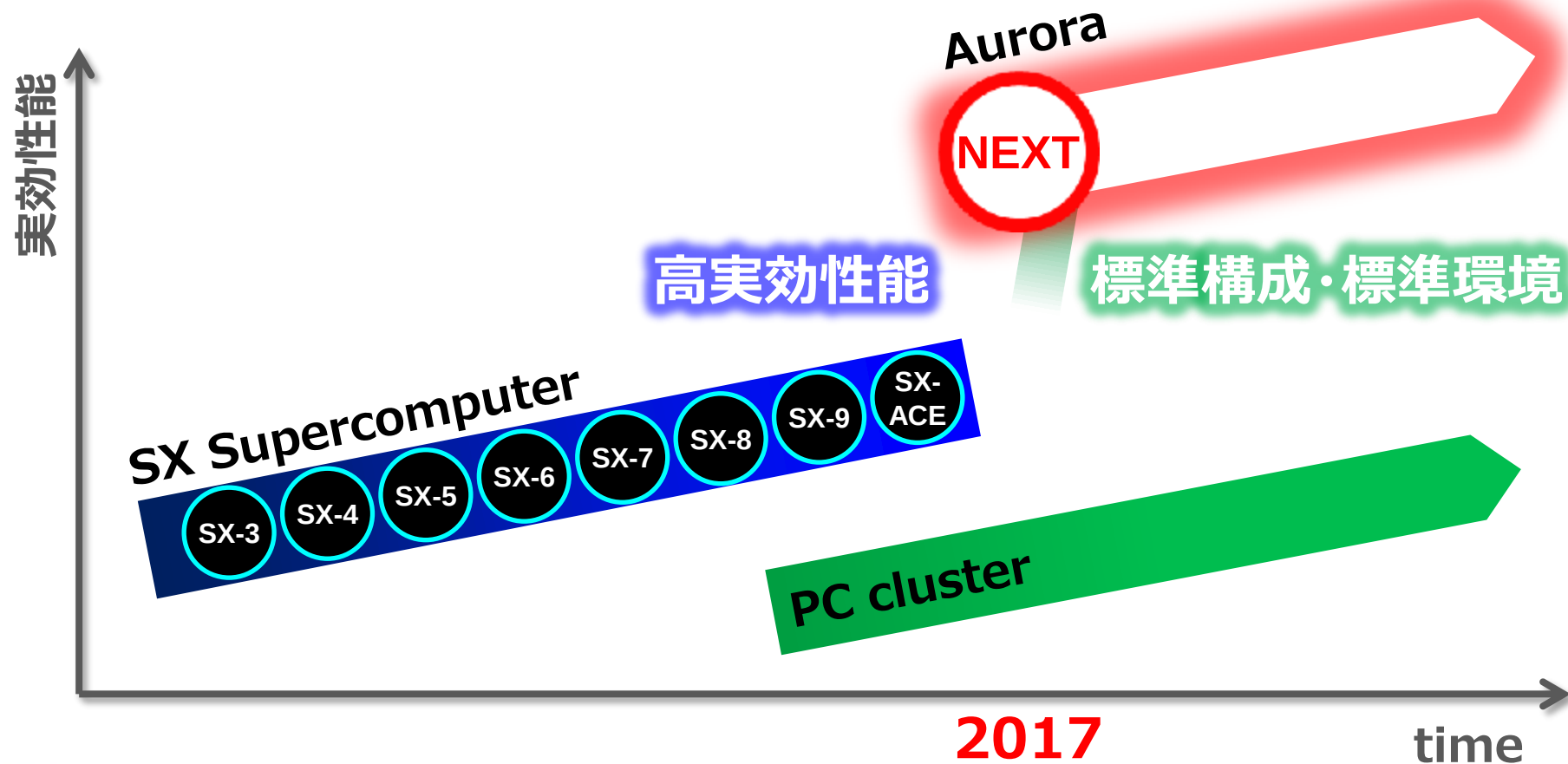


Auroraだけが到達可能な高性能を提供

設計コンセプト②

SXとPCクラスタの長所を継承する新アーキテクチャ

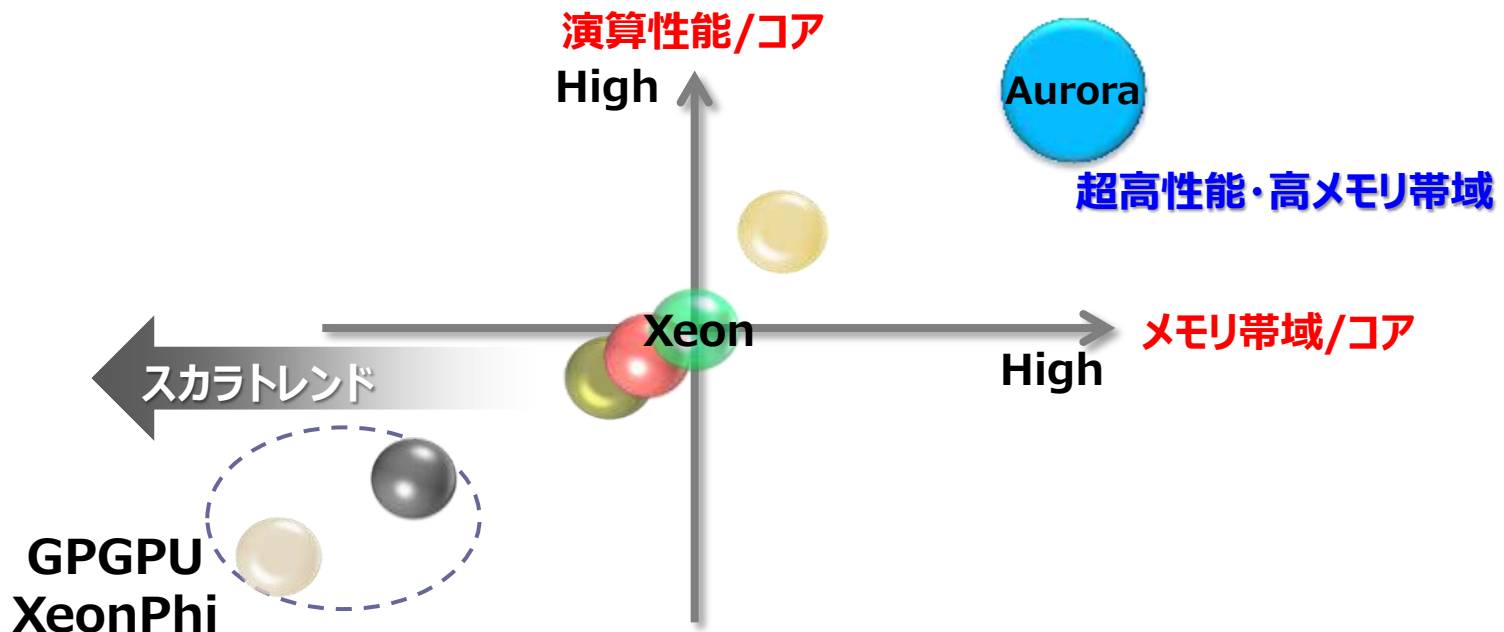
- 高い実効性能特性をSXから継承しつつ、
- PCクラスタの持つ標準環境・構成柔軟性を実現



超高性能コア

- Xeon系コア : コア性能は横ばい、メモリ帯域は維持か低下傾向
- アクセラレータ系コア : 同上
- **Aurora :** 単一コアの実効性能を追求した設計

コア性能・メモリ帯域のマッピング



新アーキテクチャ

標準環境

PCクラスタ

Linux
OS

標準
ツール

標準
コンパイラ

標準
I/O

標準
NW

Linux
OS

標準
ツール

標準
I/O

標準
NW

高実効性能

SX

専用
CPU

専用
OS

専用
ツール

専用
コンパイラ

専用
I/O

専用
NW

専用
ツール

専用
コンパイラ

専用
CPU

Aurora

標準環境 + 高実効性能

**Auroraの柔軟構成により、
個人ユースから、スーパーコンピュータユースまでを広くカバー**

デスクトップモデル



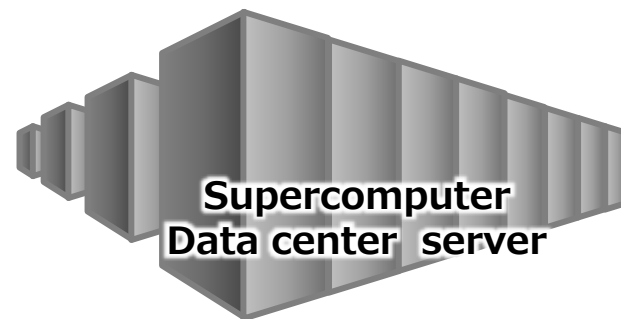
Tower server

ラックマウントモデル



Rack mount server

高密度ラックモデル



Supercomputer
Data center server

システム規模

小規模

中規模

ハイエンド

BigData解析領域へ拡大

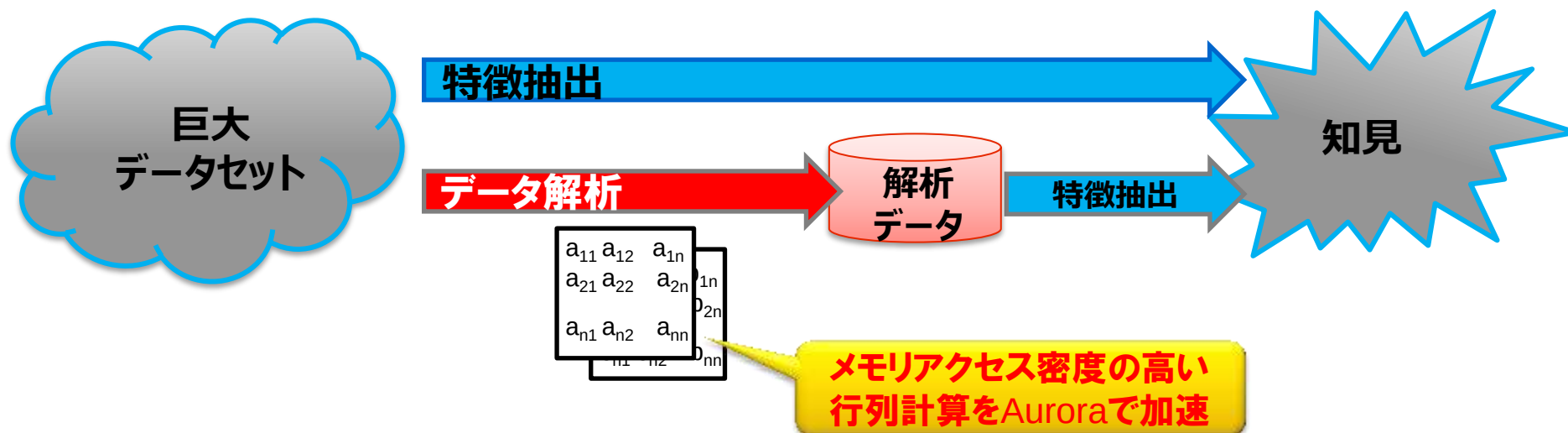
ベクトル技術の適用範囲をビッグデータへ拡大

- ◆ 大量データセットに対する同様な処理の繰り返し処理需要増加
- ◆ データアクセス頻度増加に伴いメモリー性能の需要増加



Auroraのターゲット分野

ビッグデータ時代の到来により、ベクトル技術の重要性がアップ



ベクトル技術応用が期待される領域

- インダストリ： 行列計算（有限要素法） + メモリアクセス（多）
- レコメンド： 行列計算（疎行列積） + メモリアクセス（多）
- 画像処理： 行列計算（疎行列積） + メモリアクセス（多）

ビッグデータソリューション

Auroraをビッグデータソリューションへ展開

- ・市場参入にはOpen親和性/フレキシブル構成/価格が重要
- ・現行PF(コモディティCPU/GPGPU)の性能・使い勝手への不満を解消



Auroraのビッグデータ参入

- 😊 Open製品との組合せが容易
- 😊 システム構成自由度が高い
- 😊 魅力のある価格性能比



お客様の汎用PFへの不満

- ❌ メモリ帯域不足で性能が出ない
- ❌ アクセラレータは思ったほど速くない
- ❌ アクセラレータのプログラミング難しい
- ❌ コンパイラが性能を引出せない

解決



ビッグデータ ソリューション

Open製品との高い
親和性と柔軟な製品構成

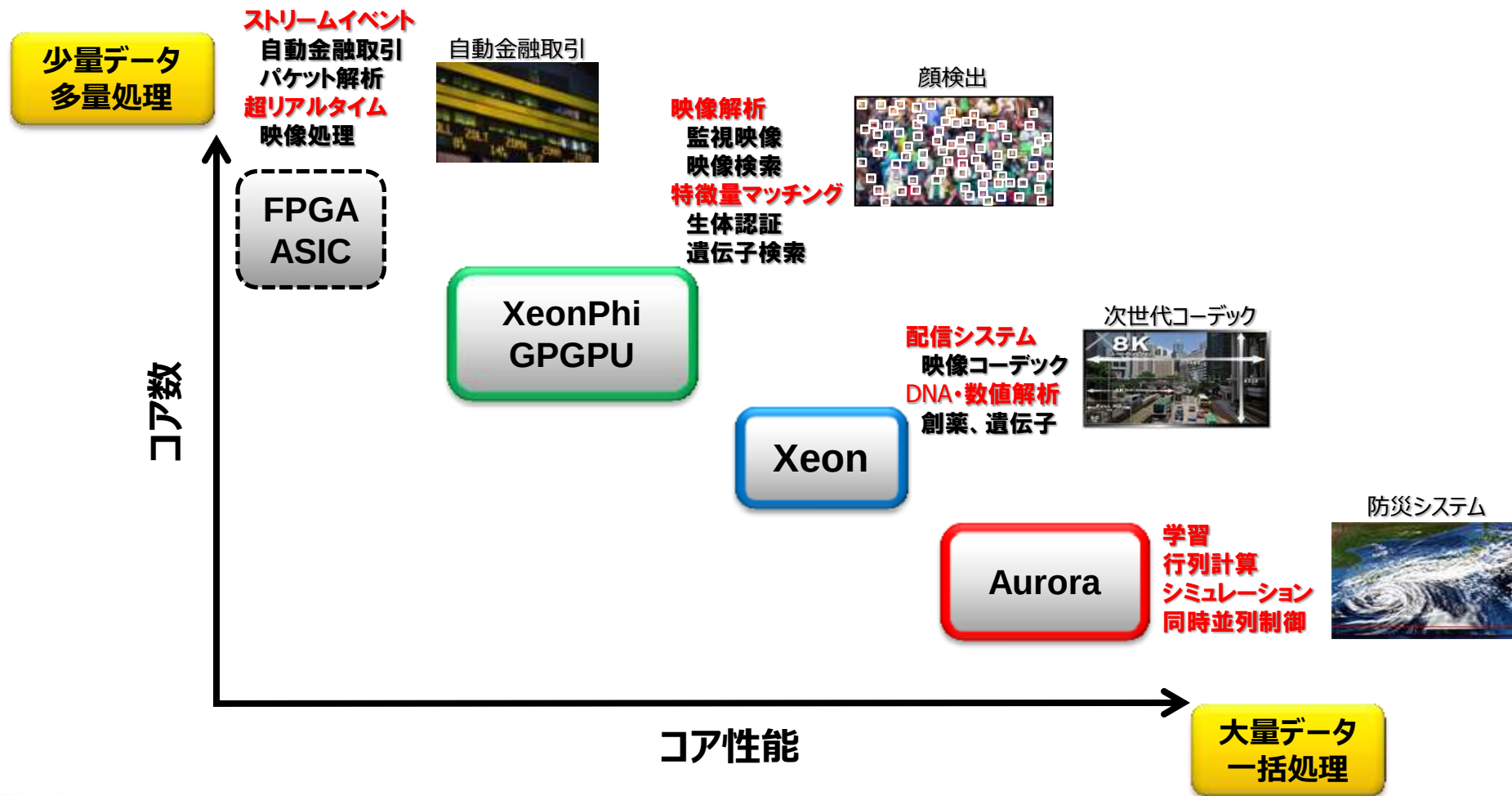
価格最良の
メモリ帯域ソリューション

一般的なプログラミング・
実行モデル

手軽に高性能を提供する
社製ベクトル化コンパイラ

プロセッサと処理特性

- HPC同様に、ビッグデータアプリケーション特性は多様
- ビッグデータビジネスではアプリケーションに最適なシステムが求められる



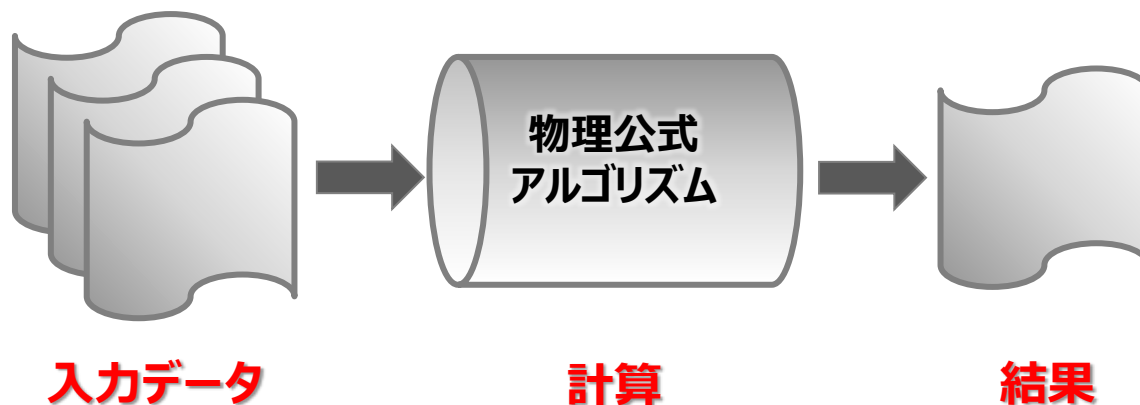
SimulationとBigData解析（Simulation型）

シミュレーション

従来の科学的アプローチ

演繹法的アプローチ

理論・実験をベースとした結果導出



シミュレーション環境自体もBigData化

入力データ爆発

- 入力デバイスの多様化
- シミュレーション範囲拡大・精緻化向上
- シミュレーション結果の入力データ化
- 過去からのデータ蓄積

熟考・高精緻向き

理論に裏打ちされた
精度の高い推定

ある程度の時間をかけた
結果産出

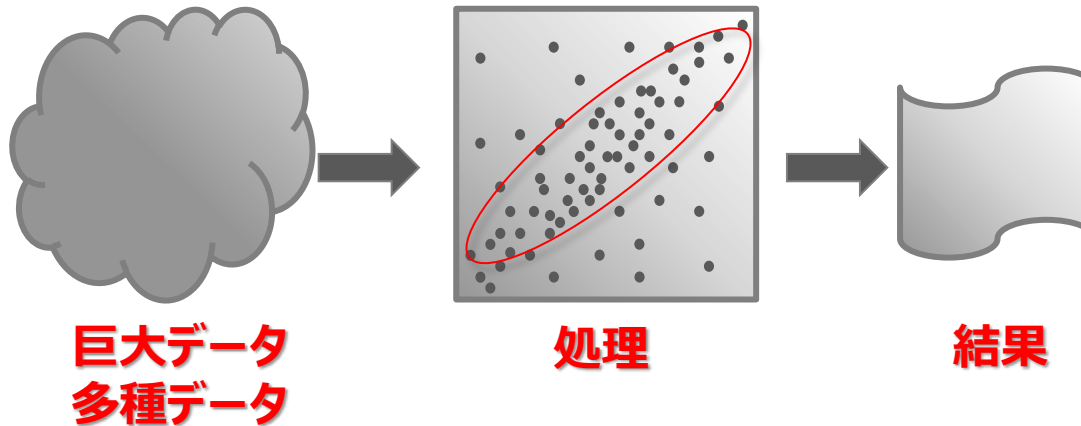
SimulationとBigData解析（BigData解析型）

ビッグデータ解析

新しい科学的・商業的アプローチ

帰納法的アプローチ

様々な事象の相関関係から結果を類推



発生する膨大なデータ

- 各ユニット、団体毎に大量のデータがサイロ化して蓄積→サイロ破壊で、よりビッグデータ化
- 有意義・ノイズ等の様々なデータが広域に分散

即断・即決・推定向き

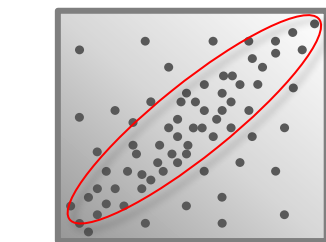
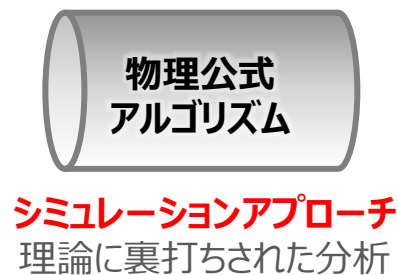
相関関係等から
予測した推定

短時間で、過去のデータ等
から結果推定

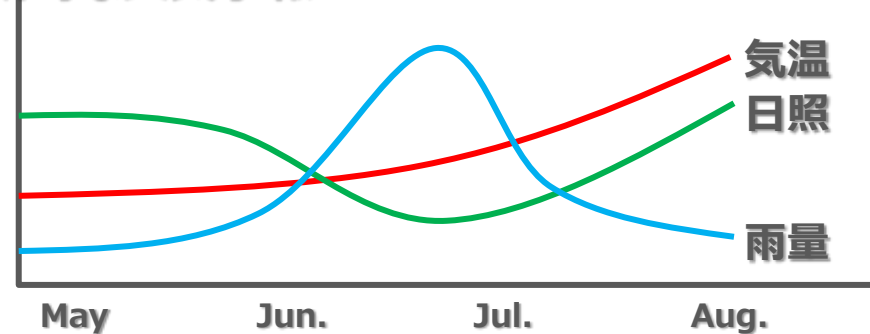
SimulationとBigData解析の融合ソリューション例

今後のソリューションは：
シミュレーション（演繹法）とビッグデータ解析（帰納法）の混在？

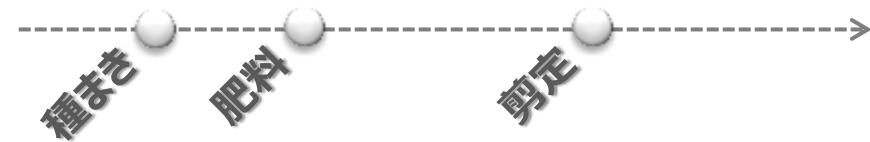
農業ソリューション例



局所的な天気予報



最適な農作業時期の予測

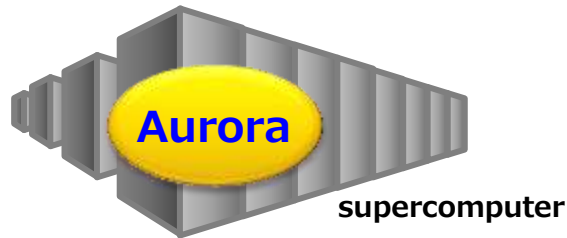


農業の高効率化
農業の企業ビジネス化
農産物先物取引

シミュレーション + ビッグデータ解析

Aurora適用例

計算科学



気候・気象・地震



産業利用



セキュリティ



医療・ライフサイエンス



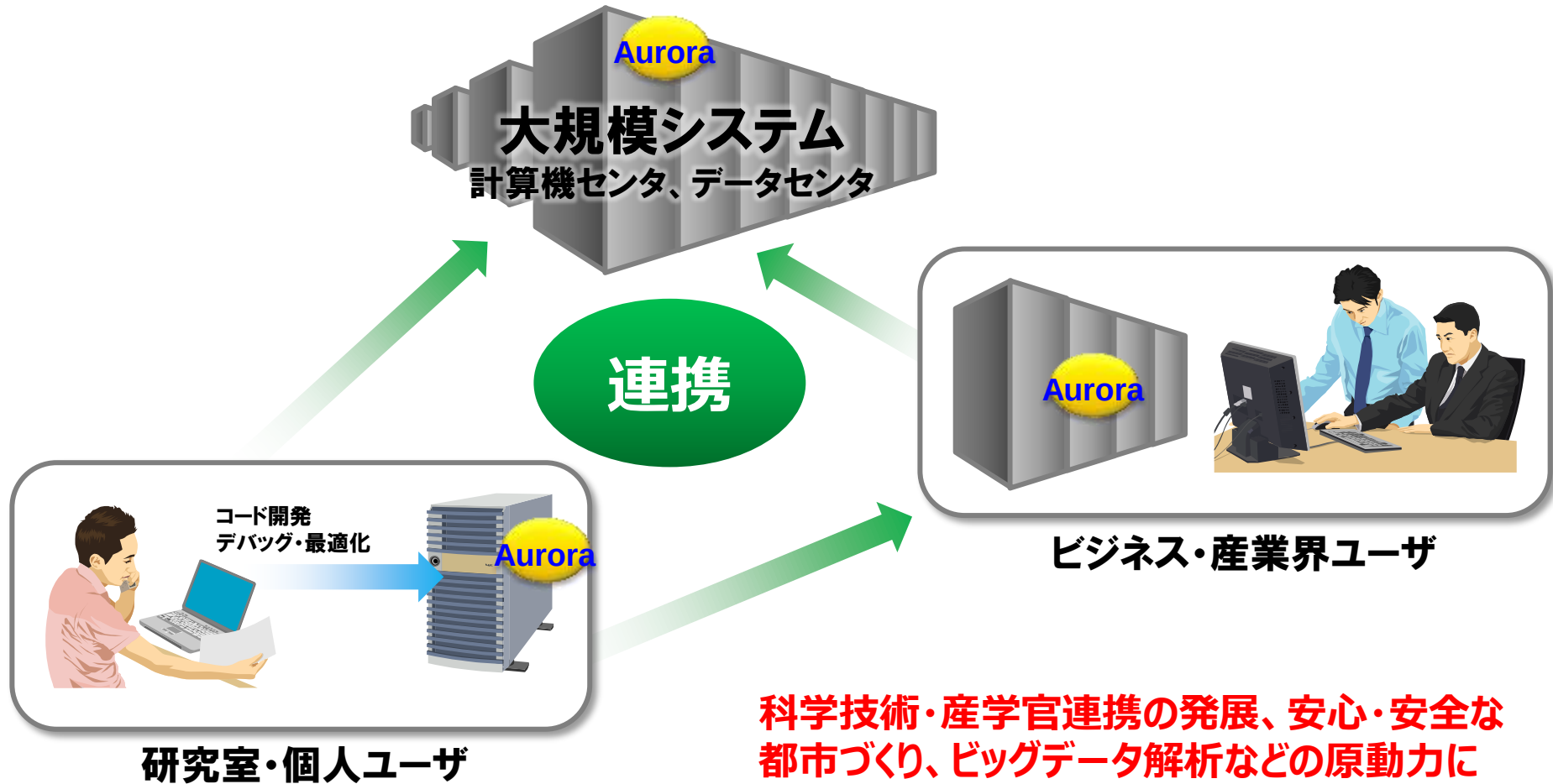
社会ソリューションなど



Auroraシステム

SX技術を、ICT基盤の中核に。社会インフラの高度化を促進

- 卓越した価値の創造
- 科学技術の発展、イノベーションの創出に大きく貢献



Orchestrating a brighter world

世界の想いを、未来へつなげる。

**未来に向かい、人が生きる、豊かに生きるために欠かせないもの。
それは「安全」「安心」「効率」「公平」という価値が実現された社会です。**

**NECは、ネットワーク技術とコンピューティング技術をあわせ持つ類のないインテグレーターとして
リーダーシップを発揮し、卓越した技術とさまざまな知見やアイデアを融合することで、
世界の国々や地域の人々と協奏しながら、
明るく希望に満ちた暮らしと社会を実現し、未来につなげていきます。**

Empowered by Innovation

NEC