



世界最速スーパーコンピュータ「京」



平成24年2月25日

理化学研究所
次世代スーパーコンピュータ開発実施本部
渡辺 貞

内容



- スーパーコンピュータとは？
- スーパーコンピュータの応用例
- スーパーコンピュータの歴史
- 世界のスーパーコンピュータ開発
- スーパーコンピュータの高速化と「京」
- スーパーコンピュータの施設



スーパーコンピュータとは？

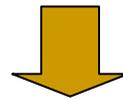
スーパーコンピュータとは？



Wikipediaより

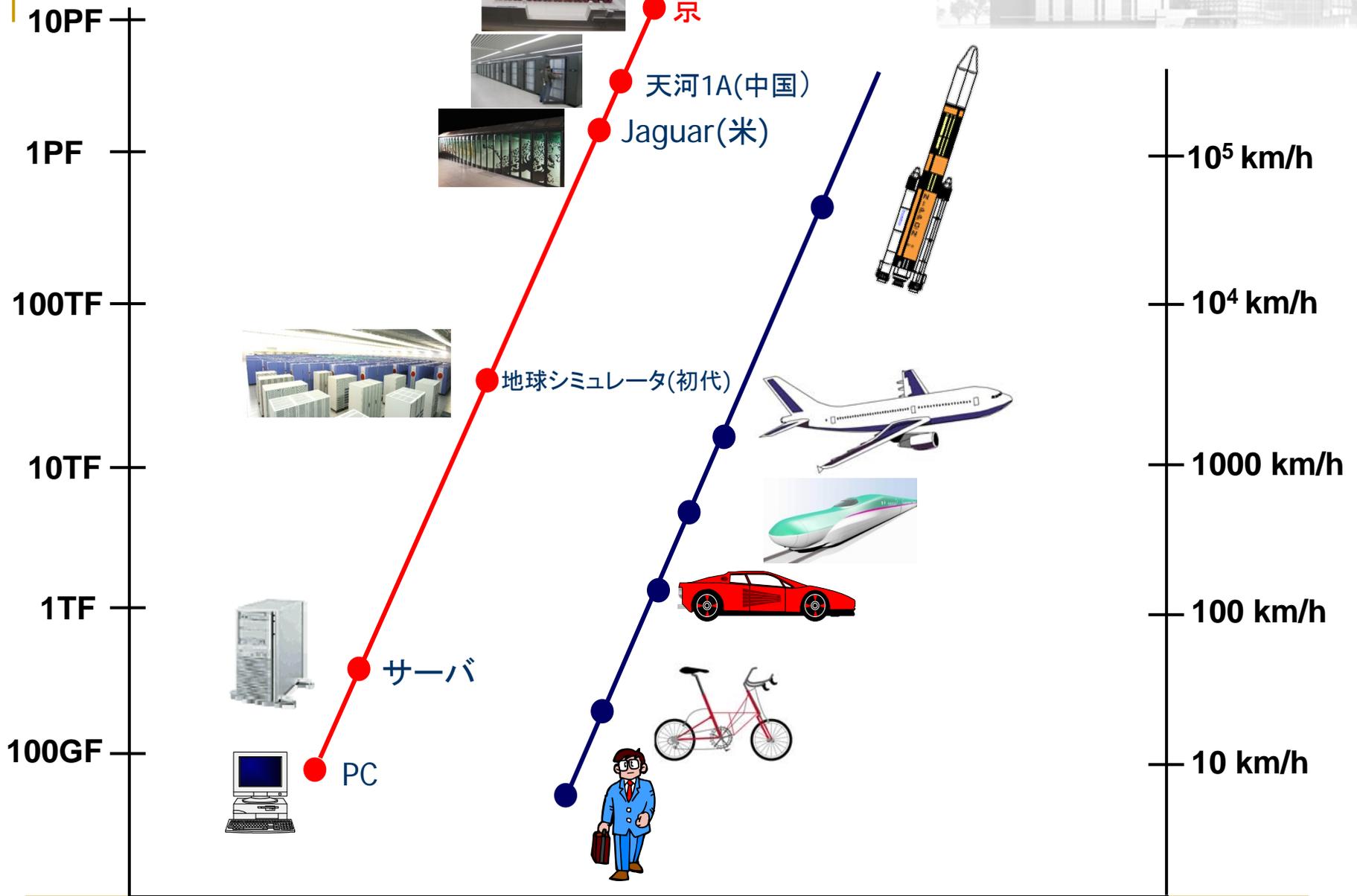
定義 [編集]

スーパーコンピュータの定義は時代によって大きく変化するが、一般的にはその時代の最新技術が投入された高性能の計算機を指す。現時点では一般的に使用されるサーバ機よりも浮動小数点演算が1,000倍以上速いコンピュータを「スーパーコンピュータ」と呼ぶことが多い。



スーパーコンピュータとは、加減算などの数値演算が一般的なコンピュータよりも桁違いに速いコンピュータで、主として科学技術計算に使われるコンピュータ

どのくらい速いか？



1GFlops=1,000,000,000演算/秒 1TFlops=1,000,000,000,000演算/秒 1PFlops=1,000,000,000,000,000演算/秒

第3の科学：計算科学



理論

実験

計算

(数値シミュレーション)

超長時間の現象：宇宙, 気候, 環境

超短時間の現象：核融合, 衝突, 燃焼

実験不可能：結晶/分子構造,
安全解析, 気象

↓
計算機実験=数値シミュレーション

↓
膨大な計算量

↓
超高速コンピュータ(スーパーコンピュータ)

スーパーコンピュータで何ができるか？

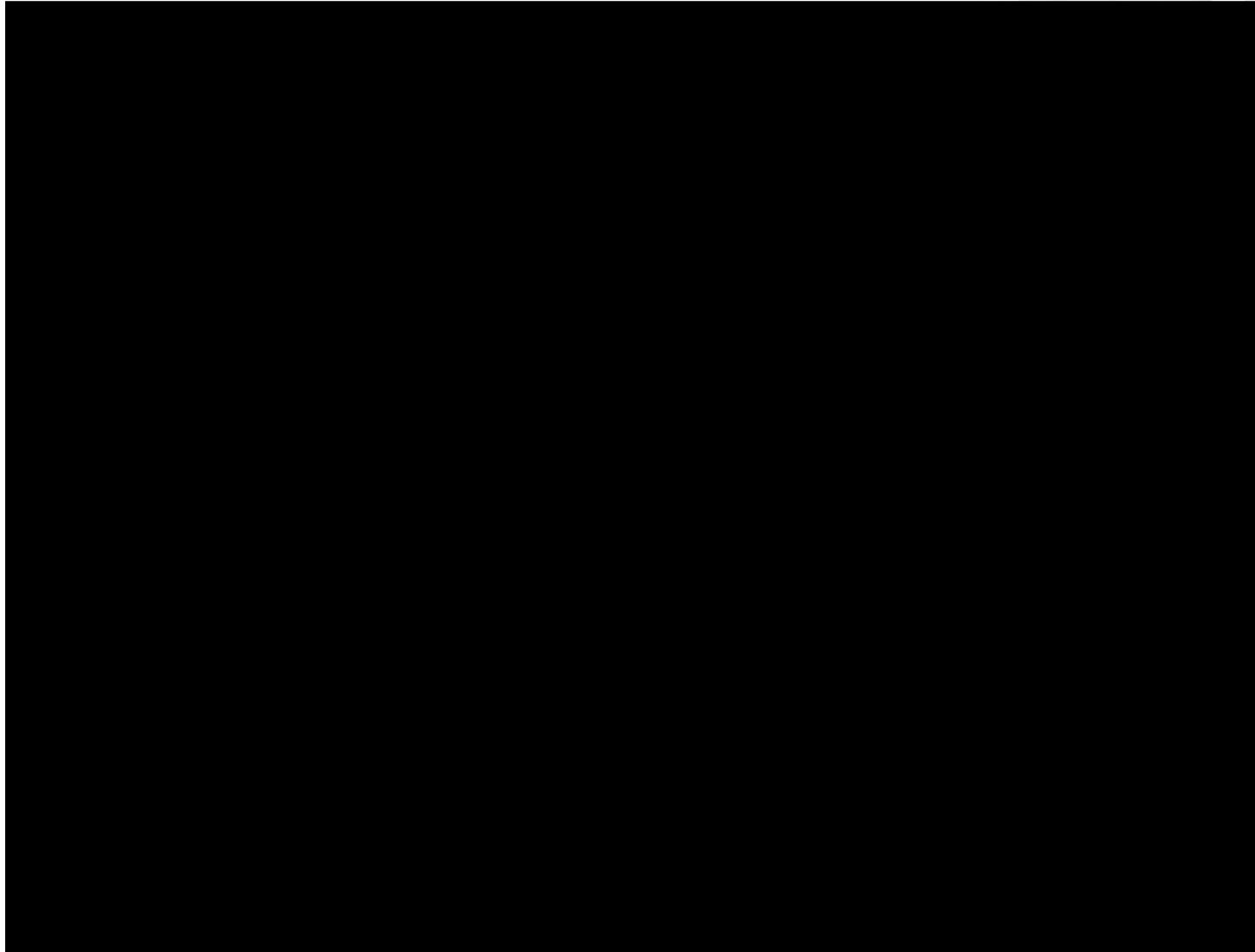


- ・スーパーコンピュータを使った数値シミュレーションで対象物を**拡大/縮小**あるいは**時間を延長/短縮**することにより、目に見えないもの、予測できないもの、実験不可能なものを**目で見、予測し、実験**を行うことができる。



スーパーコンピュータの応用例

気候変動予測(地球温暖化)



提供:AORI/NIES/JAMSTEC/MEXT

Ground motion and tsunami simulations using the tsunami-coupled equation of motion in 3D

Maeda and Furumura (2011) Pure and Applied Geophysics - *under review*

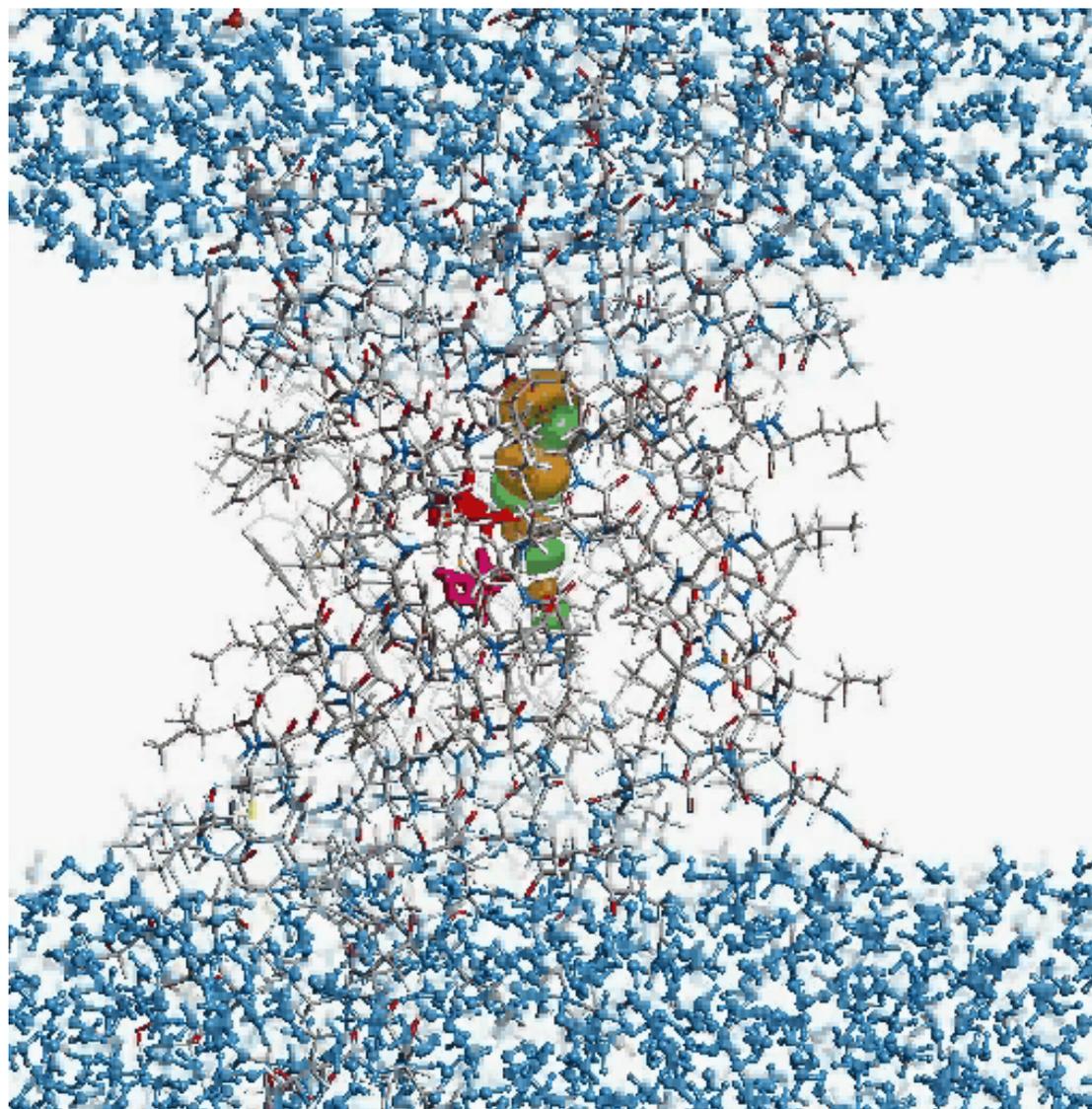


[Present] Resolution: 1km
CPU Time: 2 hour
(ES 64 node)



[Expected] Resolution: 0.25
km
CPU Time: < 10 min
(K-Computer)

膜たんぱく質と水分子

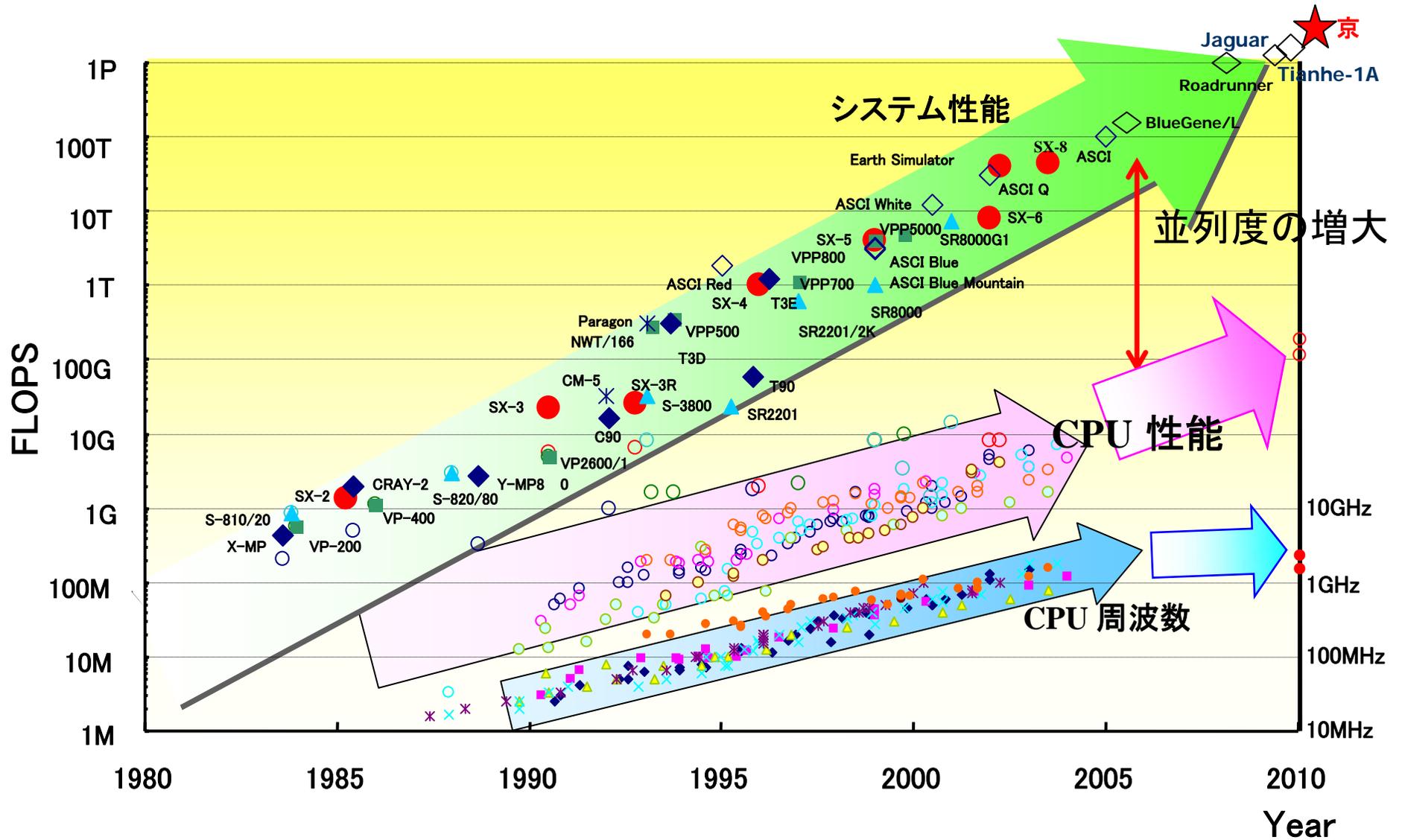


提供: 高田(MEXT)

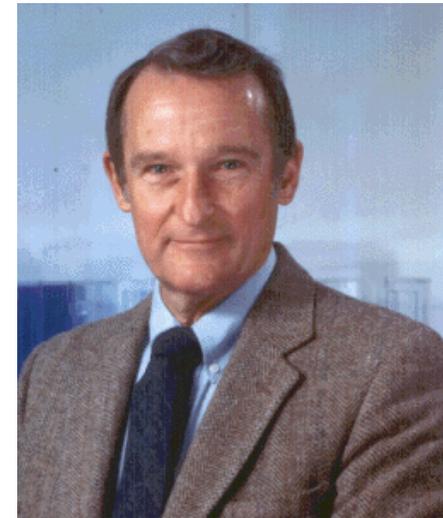


スーパーコンピュータの歴史

スーパーコンピュータの歴史

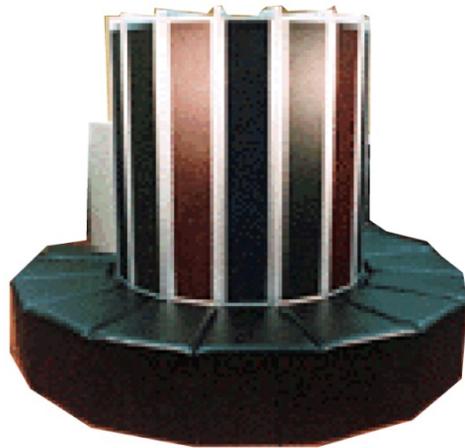


Cray-1 (1976)



Seymour Cray

70年代のスパコンと現在のスパコン



Cray-1 (1976)

Sourced from http://www.thocp.net/hardware/cray_1.htm



地球シミュレータ (2002)

◇単一CPUシステム



◇超並列システム

技術の進歩 (Cray-1と京)

	Cray-1(1976)	京(2012)	倍率
性能	160MFlops	>10PFlops	6,000万倍以上
メモリ容量	8Mバイト	>1Pバイト	1億2000万倍以上

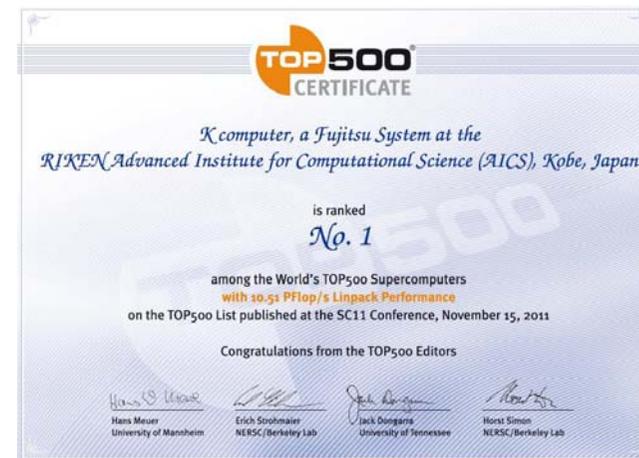


世界のスーパーコンピュータ開発

TOP500リストで2期連続世界第一位！ (LINPACK性能テストで、10PFlops達成)

■ 世界第一位の評価

	H23.6	H23.11
性能値	8.16PFlops	10.51PFlops
抜群の高性能	第2位の3倍以上の性能 2位～6位を足した性能を上回る	第2位の4倍以上の性能 2位～8位を足した性能を上回る
高い信頼性	高負荷下、 28時間連続走行	高負荷下、 29.5時間連続走行
高効率システム	効率93.0%	効率93.2%

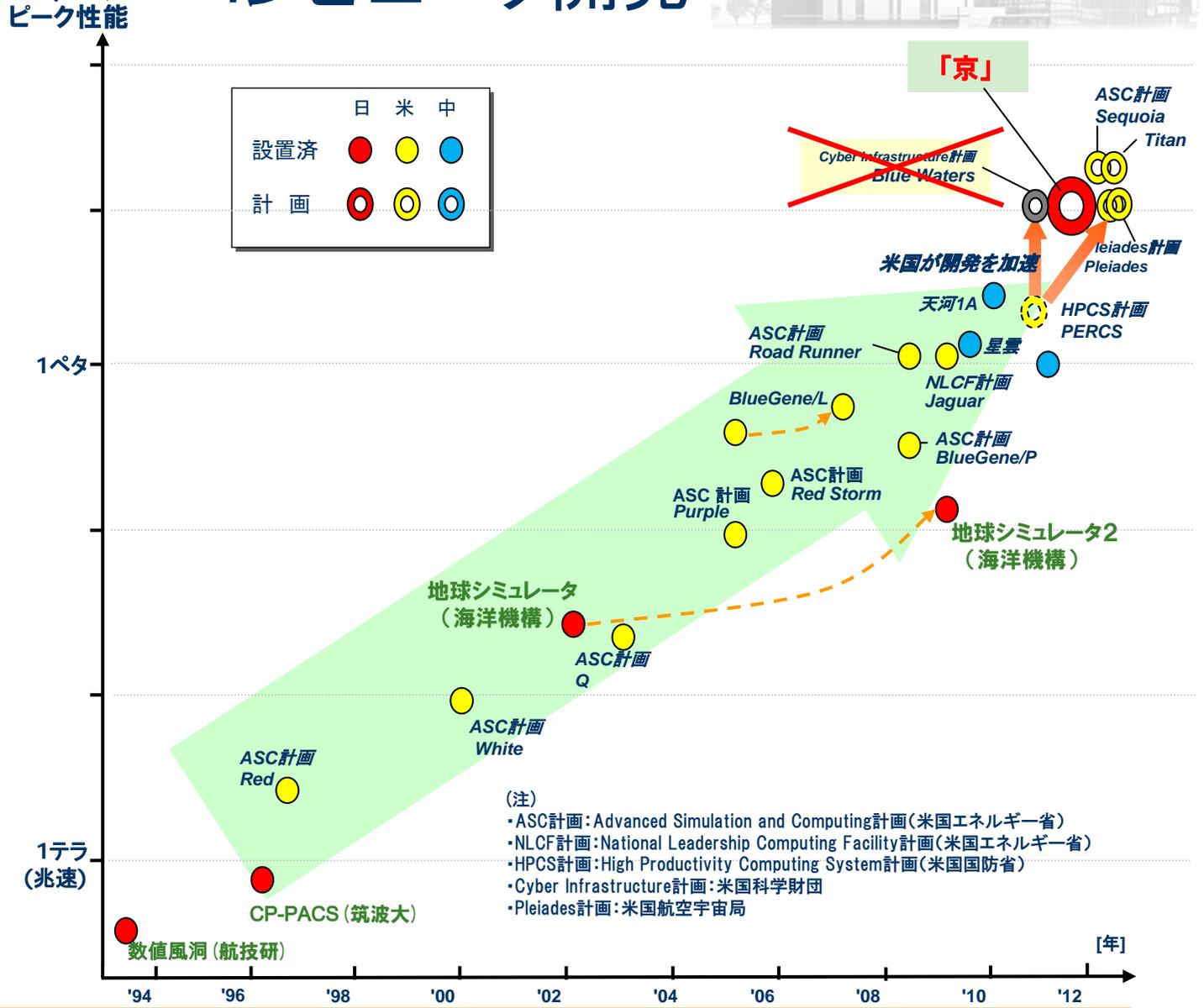


順位	システム名称	サイト	ベンダー	国名	Linpack演算回数 (テラFLOPS)
1	K computer	理研 計算科学研究機構	Fujitsu	日	10,510
2	天河 1A号	天津スパコンセンタ	NUDT	中	2,566
3	Jaguar	オークリッジ研	Cray	米	1,759
4	Nebulae (星雲)	深圳スパコンセンタ	Dawning	中	1,271
5	TSUBAME2.0	東京工業大学	NEC/HP	日	1,192
6	Cielo	ロアラモス研 (サンディア研)	Cray	米	1,110
7	Pleiades	NASA・エイムズ研究センタ	SGI	米	1,088
8	Hopper	ロレンス・バークレイ研	Cray	米	1,054
9	Tera-100	原子力庁 (エネルギー研)	Bull	仏	1,050
10	Roadrunner	ロアラモス研	IBM	米	1,042

世界のスーパーコンピュータ開発



- ◆ 我が国のスパコン性能は、「京」が7年ぶりに第1位(2011年6月)を奪還。2011年11月に2期連続第1位を獲得。
- ◆ 米国は、軍事利用を中心に産業、科学技術・学術研究での利用のため、複数の大規模プロジェクトを並行して推進
- ◆ 中国がスーパーコンピュータの開発で力をつけてきている。昨年(2010年)11月には、国防科学技術大学(NUDT)の天河1A(Tianhe-1A)が、TOP500で世界第1位になった。





スーパーコンピュータの高速化と「京」

コンピュータの性能(計算速度)を高めるには



$$\text{速度}(S) = \frac{\text{処理量}(Q) \longrightarrow \text{大} \longrightarrow \text{並列度を増大}}{\text{時間}(T) \longrightarrow \text{小} \longrightarrow \text{処理時間を短縮}}$$

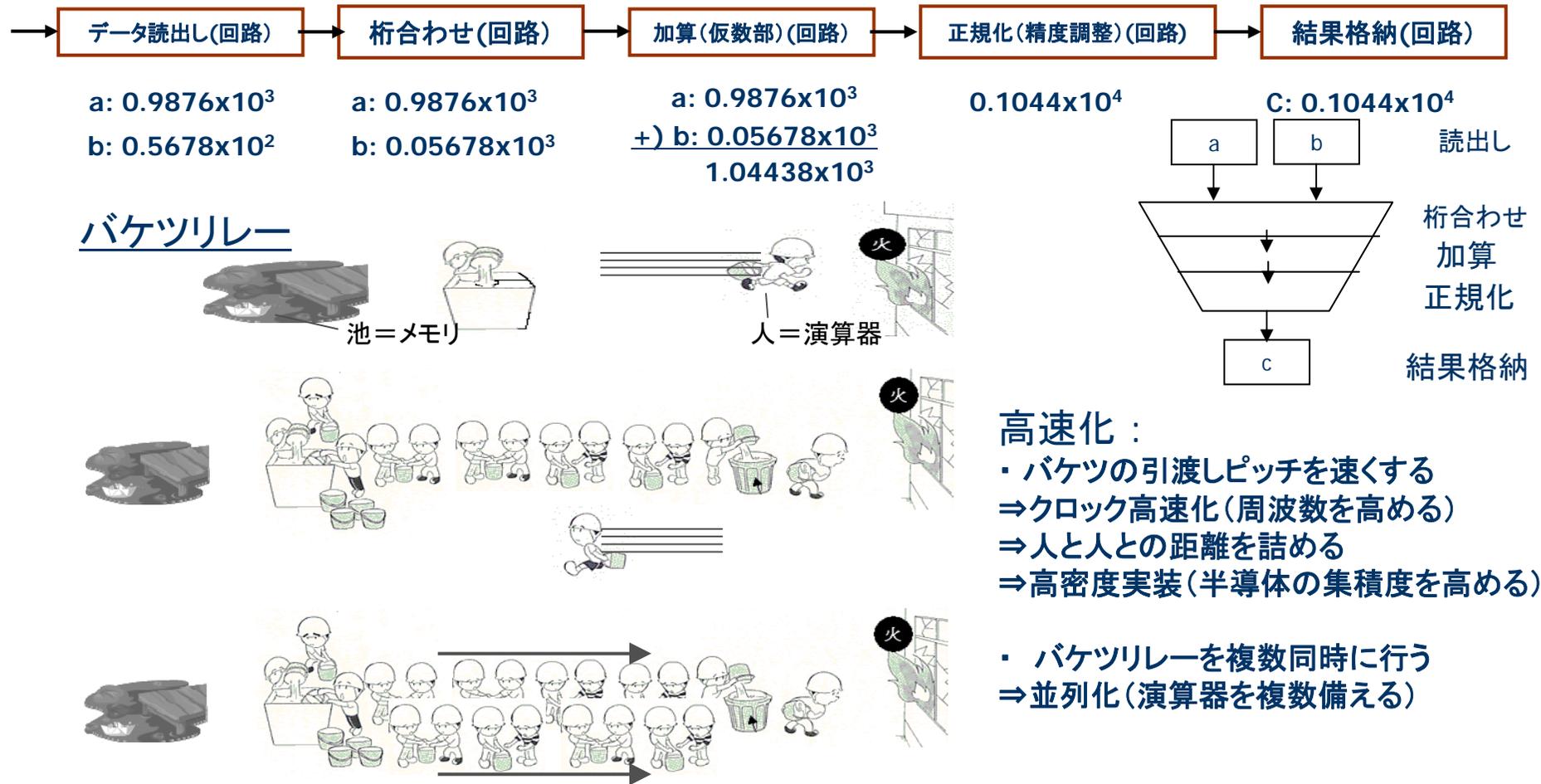
並列度を増大: 沢山並べる
(CPU数、演算器数、メモリバンド幅など)

処理時間を短縮: 個々の処理を速くする
(CPUの高速化、クロック時間短縮(周波数大)、
データ呼出し時間短縮など)

CPUの高速演算の仕組み(代表的なCPUの高速化例)

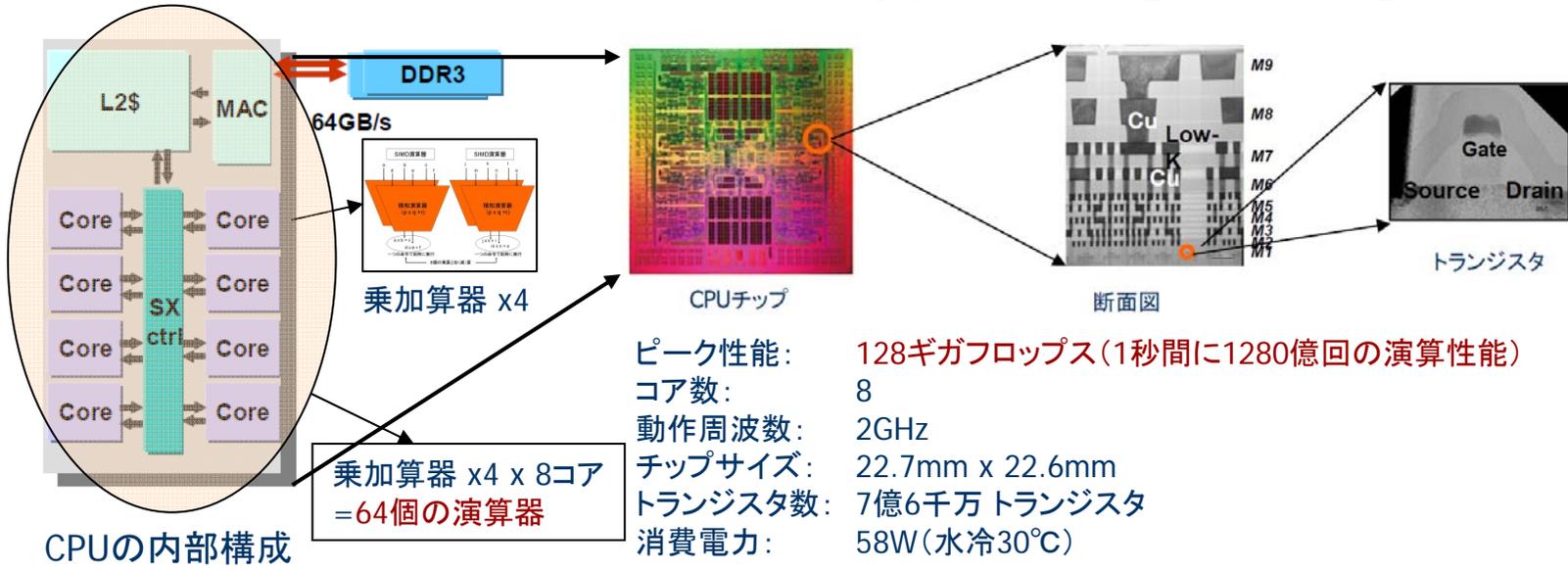
■ パイプライン演算(処理)

- 加算($c=a+b$): 車の組み立てラインと同様、下記処理を連続して実行する

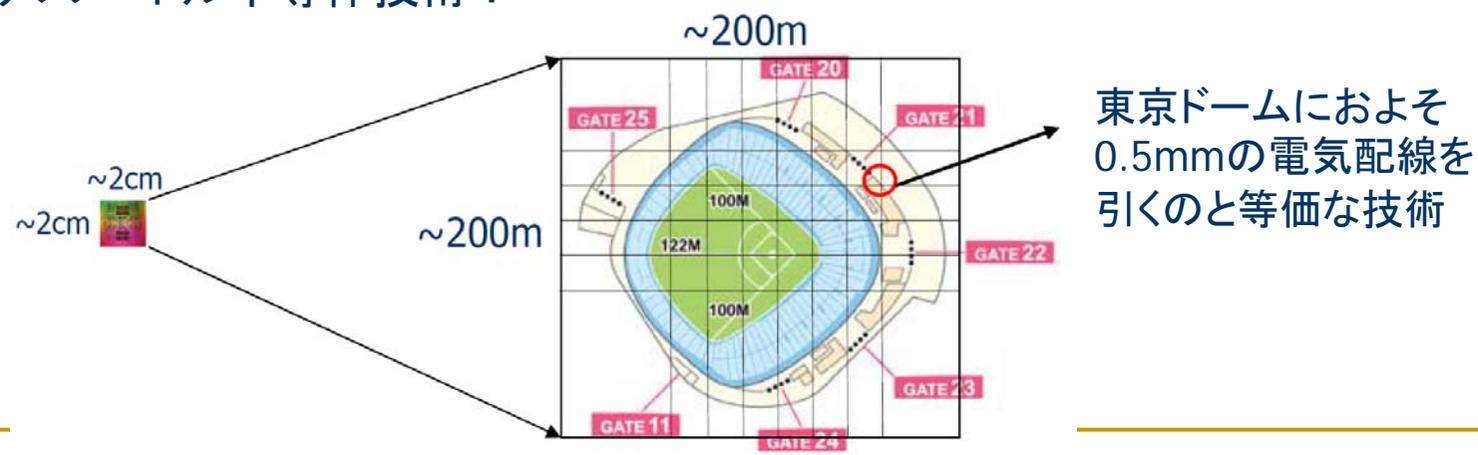


「京」のCPU(プロセッサ)

- SPARC64 VIIIfx (45ナノメートル半導体プロセス【富士通製】)



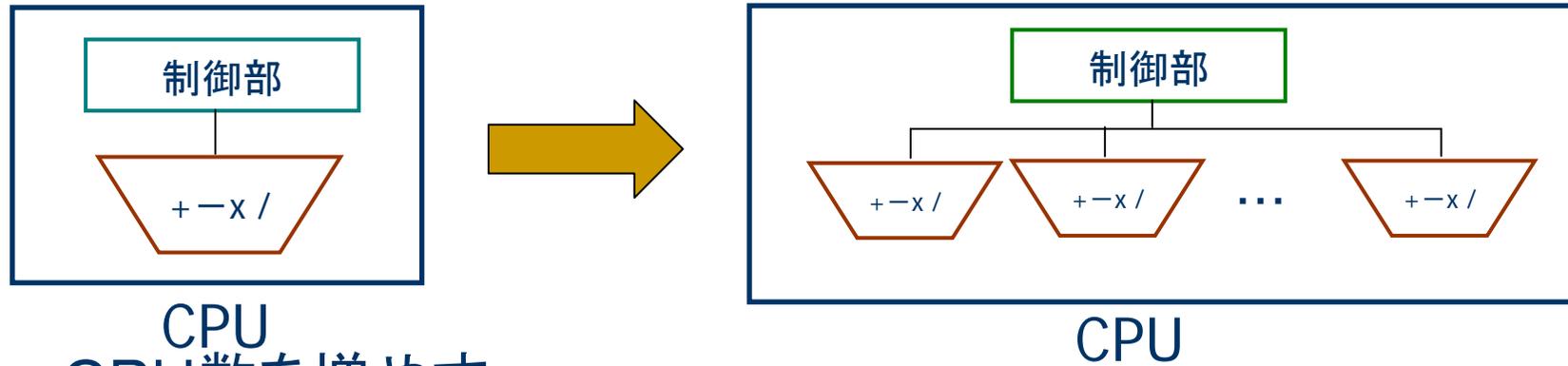
@ 45ナノメートル半導体技術!



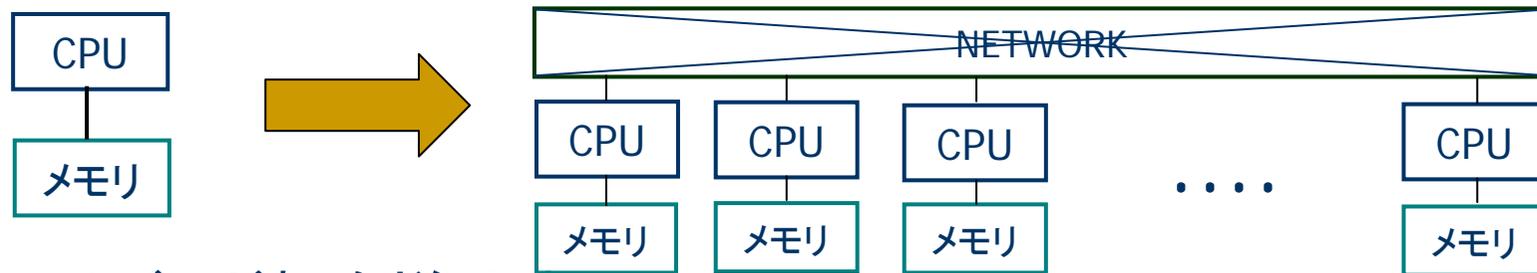


並列度の増大(並列化)

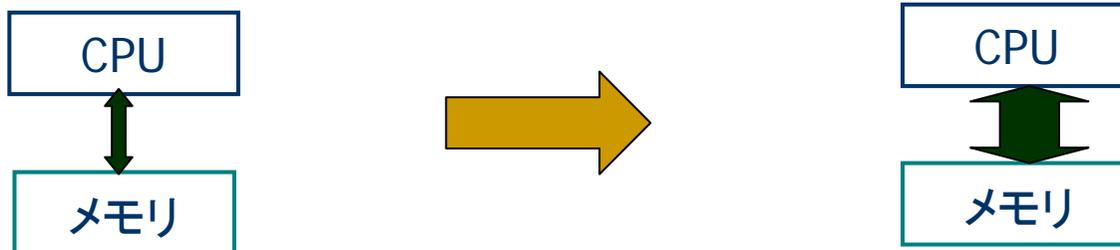
- 演算器数を増やす



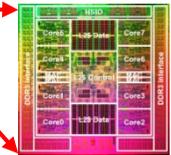
- CPU数を増やす



- メモリバンド幅を増やす



超並列システム「京」



CPUチップ

CPU数: 88,128個!

(IOノード含む)

CPU間接続ネットワークケーブル

総本数: 約200,000本(総延長: 約1,000Km)

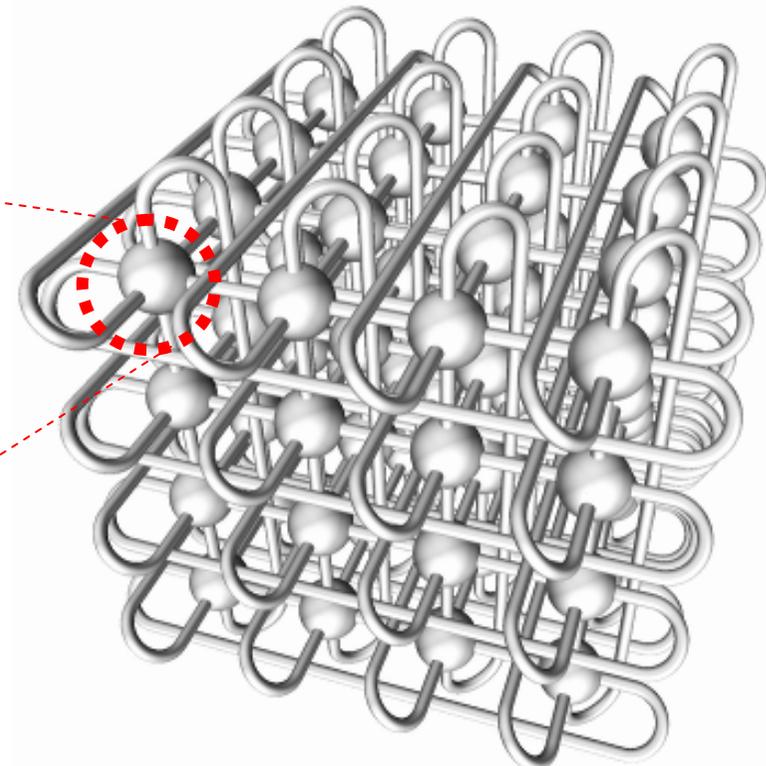
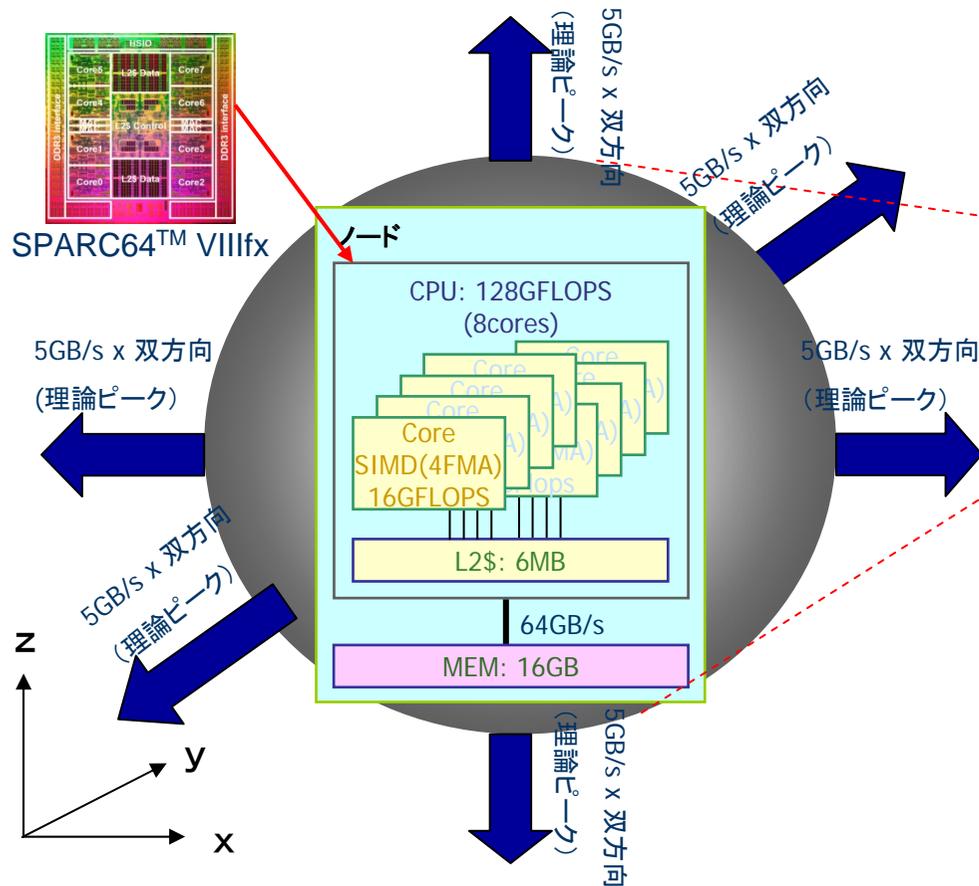


性能: パソコンの数十万倍!

超並列システム「京」の構成



- 計算ノード数(CPU数): 82,944
- IOノード数 : 5,184
- 総ノード数 : 88,128
- ピーク演算性能: 11.3 PFLOPS
- メモリ総容量: 1.27PiB(ノード当り16GB)
- 6次元メッシュトラスネットワーク(TOFU)
- ユーザービューは3次元トラス
 - 帯域: 3次元の正負各方向にそれぞれ5GB/s x 2(双方向)【理論ピーク】
 - ケーブル: 約200,000本, 総延長、約1,000km



3次元トラスのイメージ

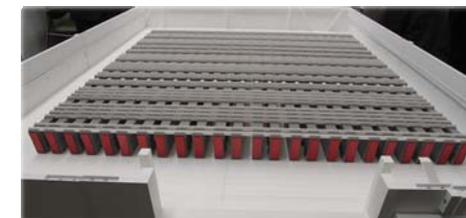
提供: 富士通(株)

「京」のハードウェア構造



システム全体

計算ラック 864



計算ラック群

計算ラック×8



計算速度：98.4兆回/秒
メモリ容量：12TB

計算速度：1京回/秒
=10ペタフロップス
メモリ容量：1.27PiB

計算ラック

システムボード×24
IOシステムボード×6



計算速度：12.3兆回/秒
メモリ容量：1.5TB

システムボード

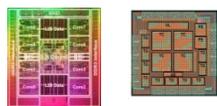
ノード×4



計算速度：5120億回/秒
メモリ容量：64GB

ノード

CPU×1
ICC×1
メモリ

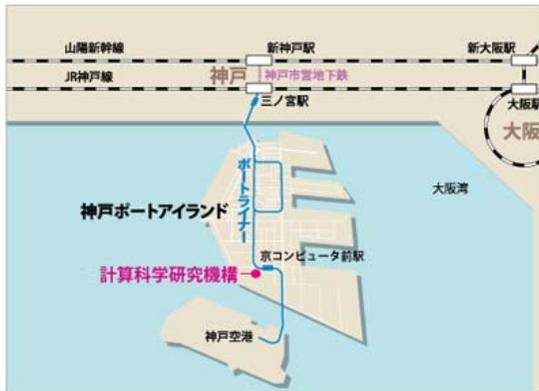


計算速度：1280億回/秒
メモリ容量：16GB



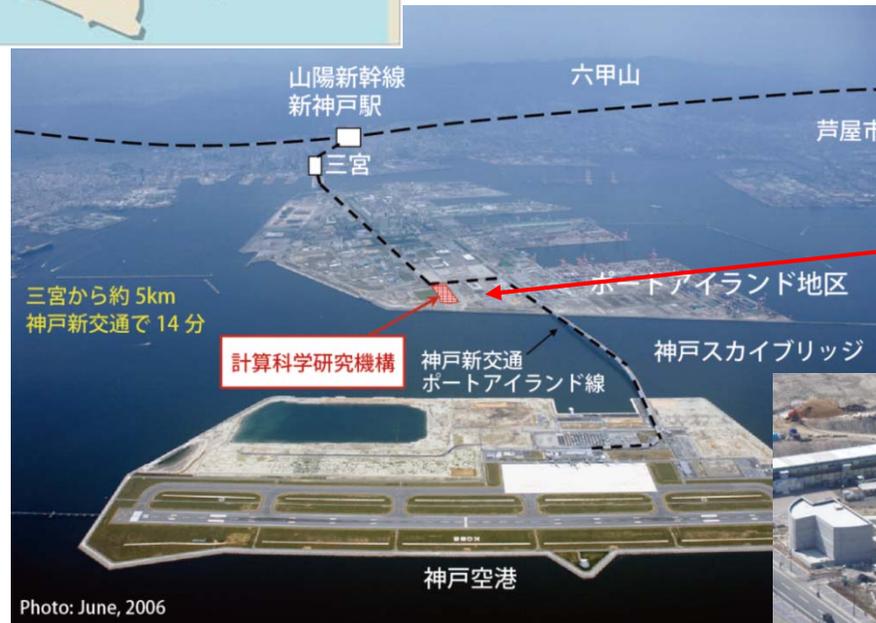
スーパーコンピュータの施設

計算科学研究機構の立地



計算科学研究機構

- < 機構長 > 平尾公彦
- < 設立 > 平成22年7月1日
- < 職員数 > 88人(非常勤含む)
(平成23年7月1日現在)



- < 所在地 > 兵庫県神戸市中央区港島南町7-1-26
- < 敷地面積 > 約2ha(準工業地域)
- < 総電力 > 最大約20MW(計算機システム)
- < 電力設備 > 70kV特高受電、コージェネレーション発電併用
- < 冷却設備 > 計算機棟空調機台数: B1F計14台、2F計50台

計算科学研究機構の施設



- 【研究棟】
- 延床面積 約9,000㎡
 - 建築面積 約1,800㎡
 - 構造 鉄骨造
地上6階地下1階



- 【計算機棟】
- 延床面積 約10,500㎡
 - 建築面積 約4,300㎡
 - 構造 鉄骨造・地上3階地下1階

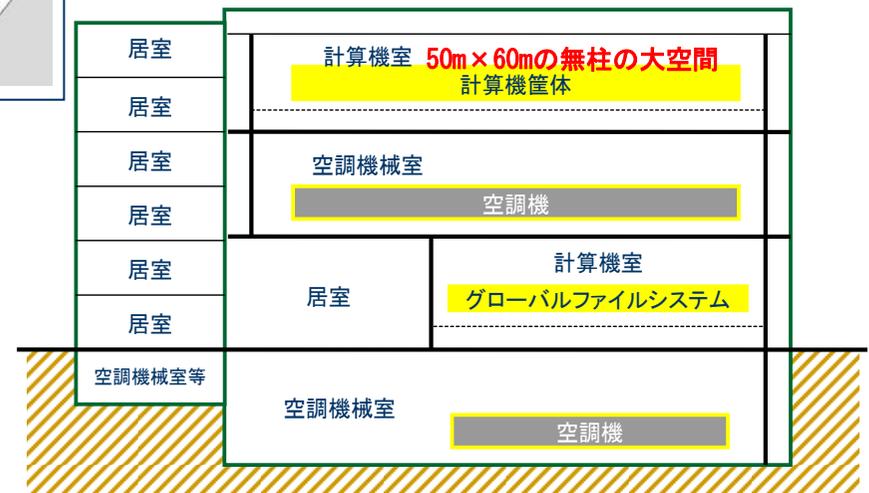


【熱源機械棟】

【特別高圧電源施設】

研究棟

計算機棟

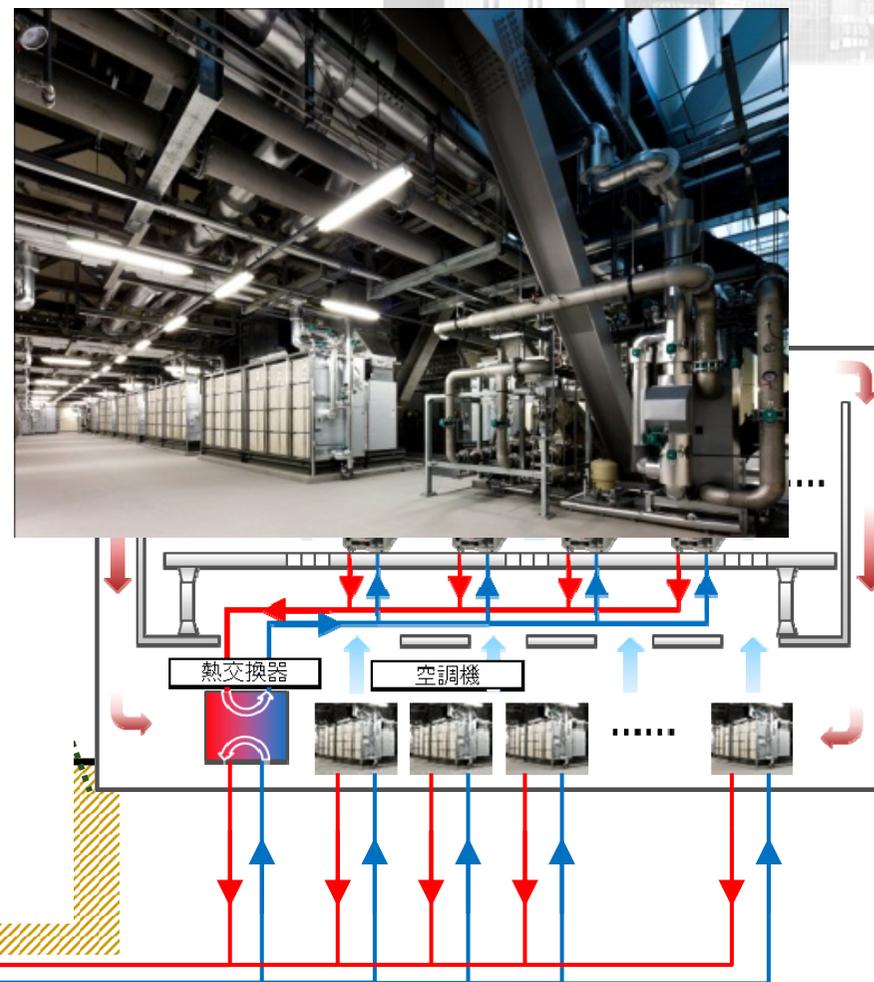


【研究棟・計算機棟の断面図】

施設のしくみ

研究棟

- 地上6階, 地下1階(鉄骨造り)
- 建築面積 ~1,800m², 延床面積 ~9,000m²



熱源機械棟(面積 1900m²)

蒸気吸収式
冷凍機
x 4

ターボ型
冷凍機
x 3

CGS
(5MW)
x 2

特別高圧変電施設(面積 200m²)

30MW
77,000V(受電)
→ 6,600V

施設の特長



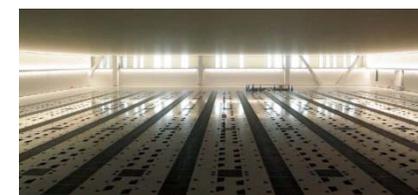
■ 地盤改良と基礎免震構造

- 液状化に備えて地盤改良
- 免震構造の建屋



■ 無柱のコンピュータ室(60m x 60m)

- 自由な筐体配置とケーブル配線長の短縮
- 床加重 : 1 ton/m²
- 床上げ : 1.5m (ケーブル配線と水パイプ)



■ 省エネと環境への配慮

- コージェネ(5MW x 2)の廃熱利用
- 雨水と冷却用水の再利用
- 屋上に太陽光パネル(約50KW)
- 屋上緑化
- 消音効果を高める建屋形状



システム設置状況





ご静聴ありがとうございました。

