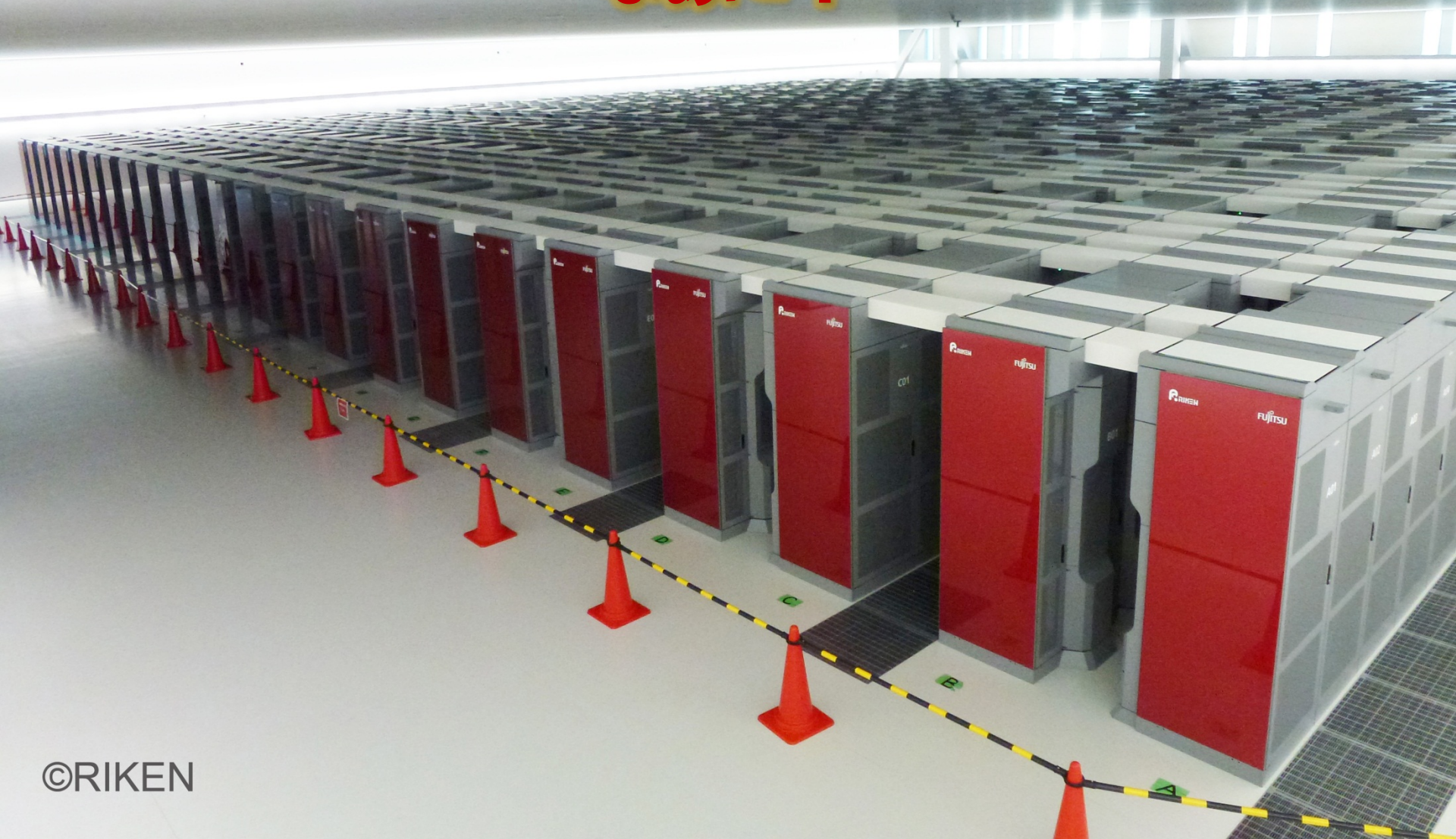


# 世界最速スーパーコンピュータ「京」って なあに？





スーパーコンピュータ「京」って何でしょう？



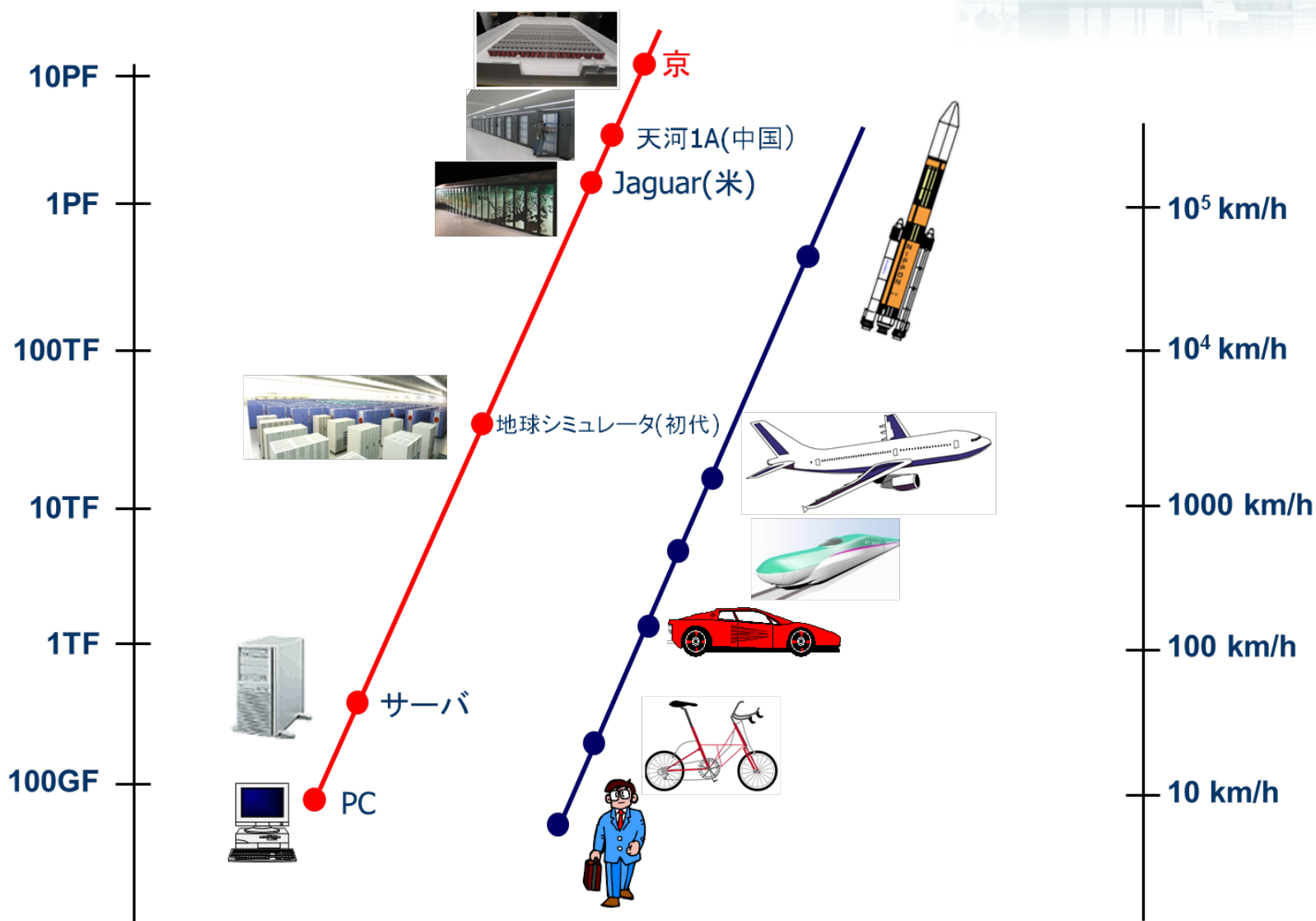
足し算, 掛け算がすごく速いコンピュータ

1秒間に $10^{16}$ 回の計算ができる

10,000,000,000,000,000 = 1京 (1兆の1万倍)

70億人が1秒間に1回計算しても17日

# 「京」はどれくらい速いのか？



# 大気の流れ... 大気大循環モデル



動画

提供: AORI/NIES/JAMSTEC/MEXT



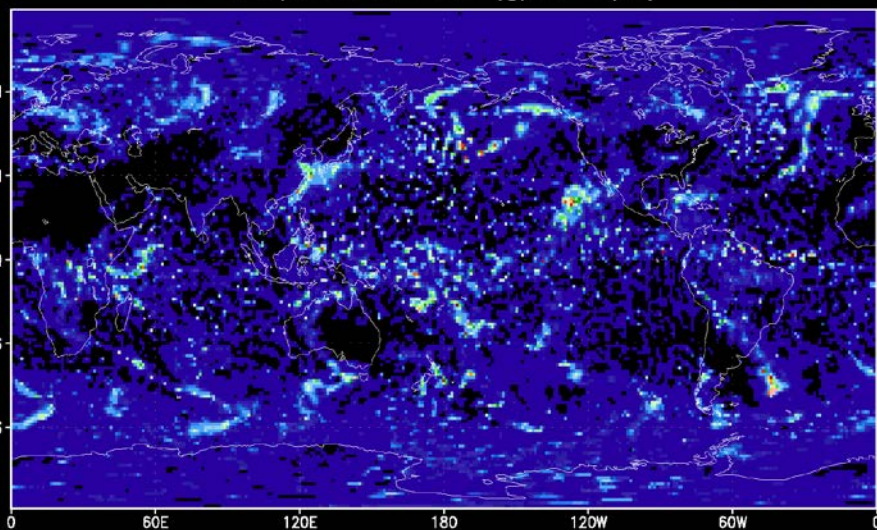
# スーパーコンピュータで何ができるか？

- 計算機シミュレーション...  
自然現象(大気の流れや地震)や構造物(ビルや橋梁)の動きを方程式で表し, その方程式の答えを計算機によって求めること.
- 計算により, 対象物を**拡大/縮小**したり, 時間を**スロー/早送り**することにより, 目で見えないもの, 実験や観測が不可能な現象を, **人間の目で見られる**ようにすることができる.
  - 天気予報(大気大循環シミュレーション)
  - 薬の開発(ドラッグデザイン)
  - 宇宙の進化など
- **足し算や掛け算がたくさん必要**なので, 性能の高い計算機が必要.  
→ スーパーコンピュータ

# 大気大循環シミュレーション

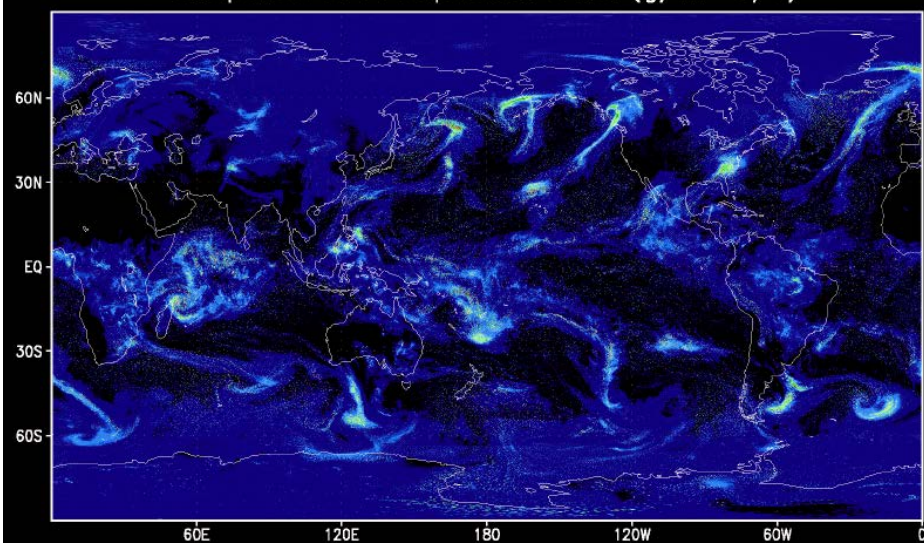
- 格子間隔を短くする(解像度を高くすると、より現実に近くなる。
- プログラムの中の足し算や掛け算が多くなる。

AFES(Kuo) T106L24 5y JAN/11  
Snapshot of PRCP(g/m\*\*2/s)



(赤道上 125km格子)

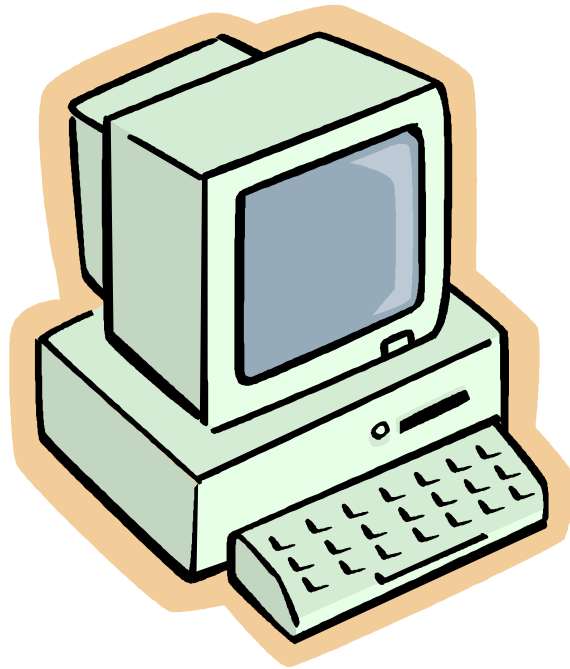
AFES(Kuo) T1279L96 5y JAN/03 0 hour  
Snapshot of Precipitation PRCP(g/m\*\*2/s)



(赤道上 10km格子)

# パソコン, PC (=パーソナルコンピュータ)

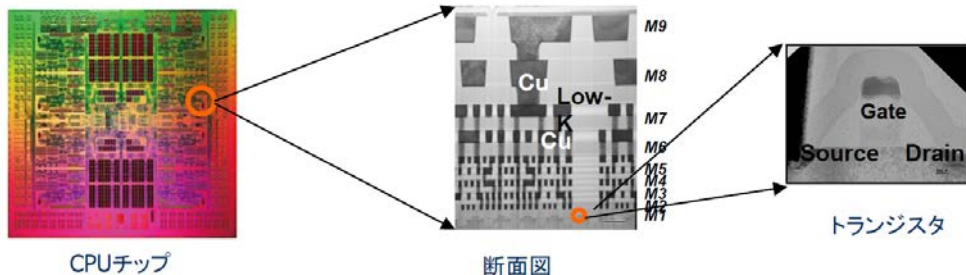
- 文書作成(ワープロ), 電子メール, Webブラウザ, ゲーム...



- ひとつのパソコン(CPU)の計算速度を速くすることが必要.
- でも, CPUの微細加工技術は**限界**に近づいている.

# 「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】)



CPUチップ

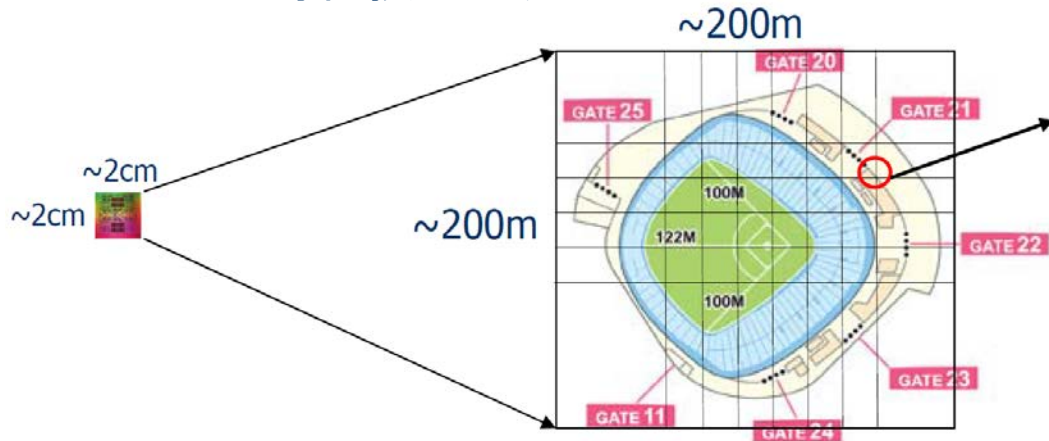
断面図

トランジスタ

ピーク性能: 128ギガフロップス(1秒間に1280億回の演算性能)  
 動作周波数: 2GHz  
 チップサイズ: 22.7mm x 22.6mm  
 トランジスタ数: 760 M トランジスタ  
 消費電力: 58W(水冷30°C)

	仕様
CPU性能	128GFLOPS(16GFLOPSx8コア)
コア数	8個
浮動小数点演算器構成(コア当り)	積和演算器: 2×2個(SIMD) (逆数近似命令: SIMD動作) 除算器: 2個
	浮動小数点レジスタ(64ビット): 256本 グローバルレジスタ(64ビット): 188本
キャッシュ構成	1次命令キャッシュ: 32KB (2way) 1次データキャッシュ: 32KB (2way) 2次キャッシュ: 6MB(12way), コア間共有
メモリバンド幅	64GB/s (0.5B/F)

## ◎ 45ナノメートル半導体技術のすごさ!



東京ドームにおよそ  
0.5mmの電気配線を  
引くのと等価な技術



# みんなで力を合わせれば...

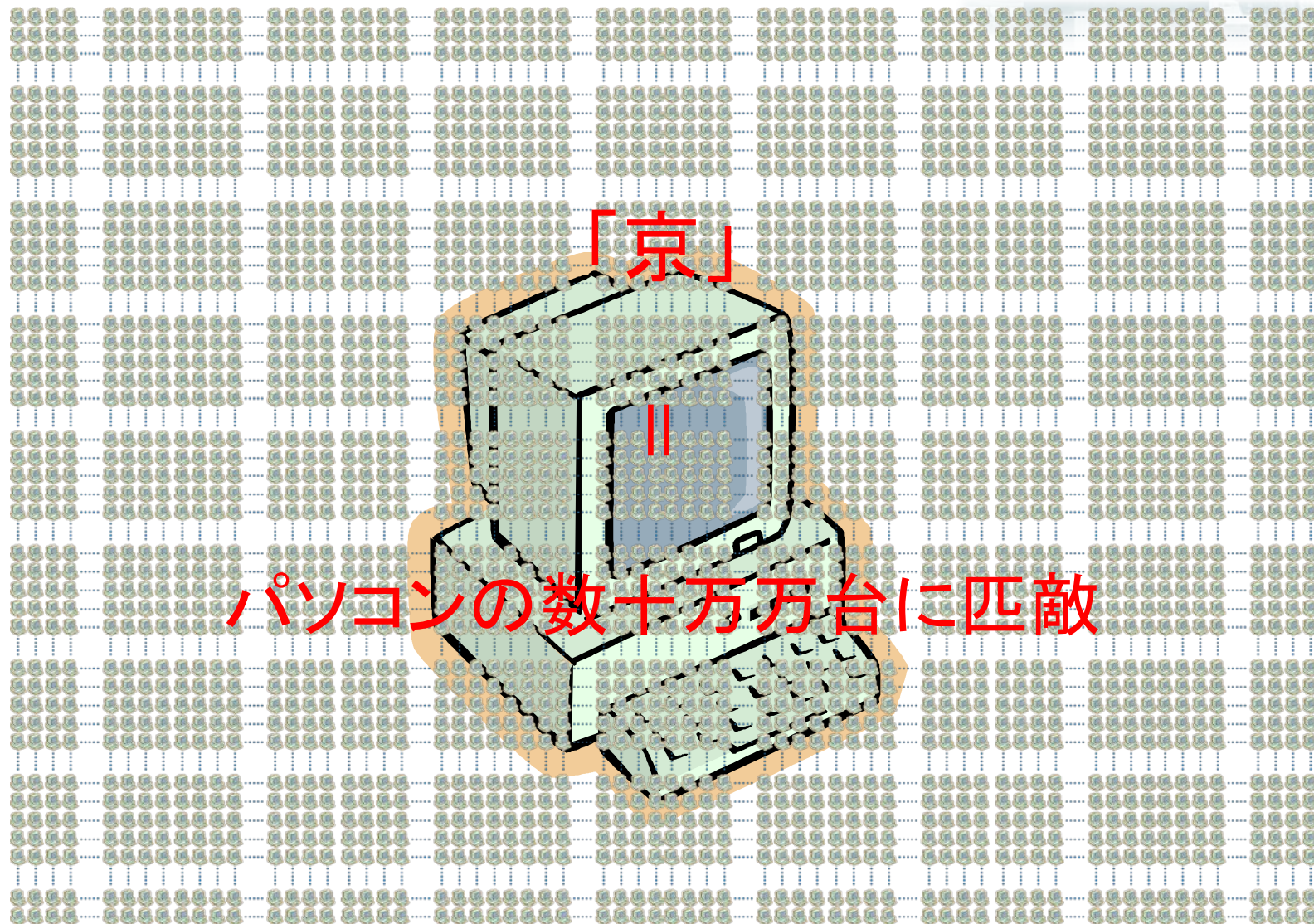


- たくさんの計算を一人でやるよりも、皆で分担すれば直ぐに終わる.
  - 掛け算1個に1秒かかる(1FLOPS)とすると,
    - 100問を一人で解けば, 100秒(=1分40秒)かかるが...
    - 100問を100人で解けば, 1秒で出来る.
- ひとつのパソコンで計算するよりも, 一度にたくさんのパソコンを使った方が速く計算が出来るはず.



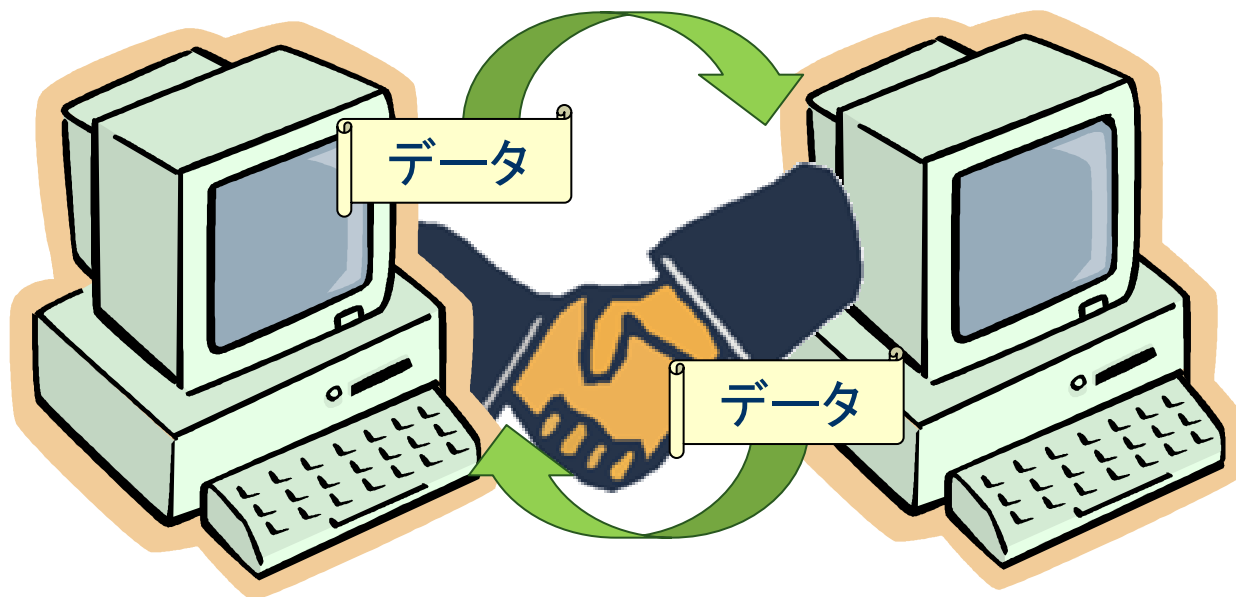
並列計算

# 「京」をパソコンと比較すると

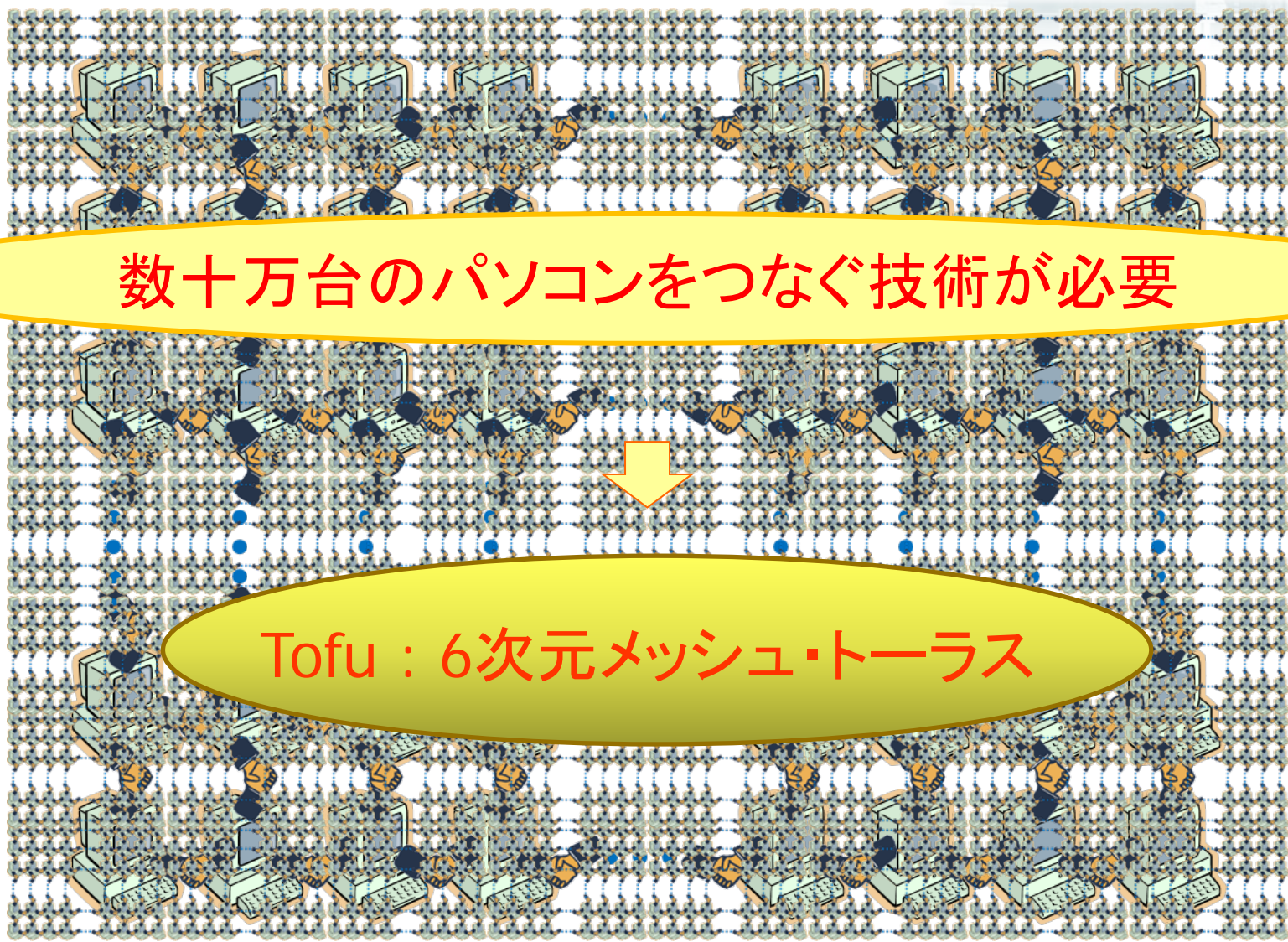


# 並べただけではダメ...

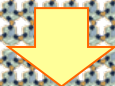
- 並列計算ではパソコン同士のデータの交換が必要
- パソコンをつなぐ技術 → **インターコネクト技術**







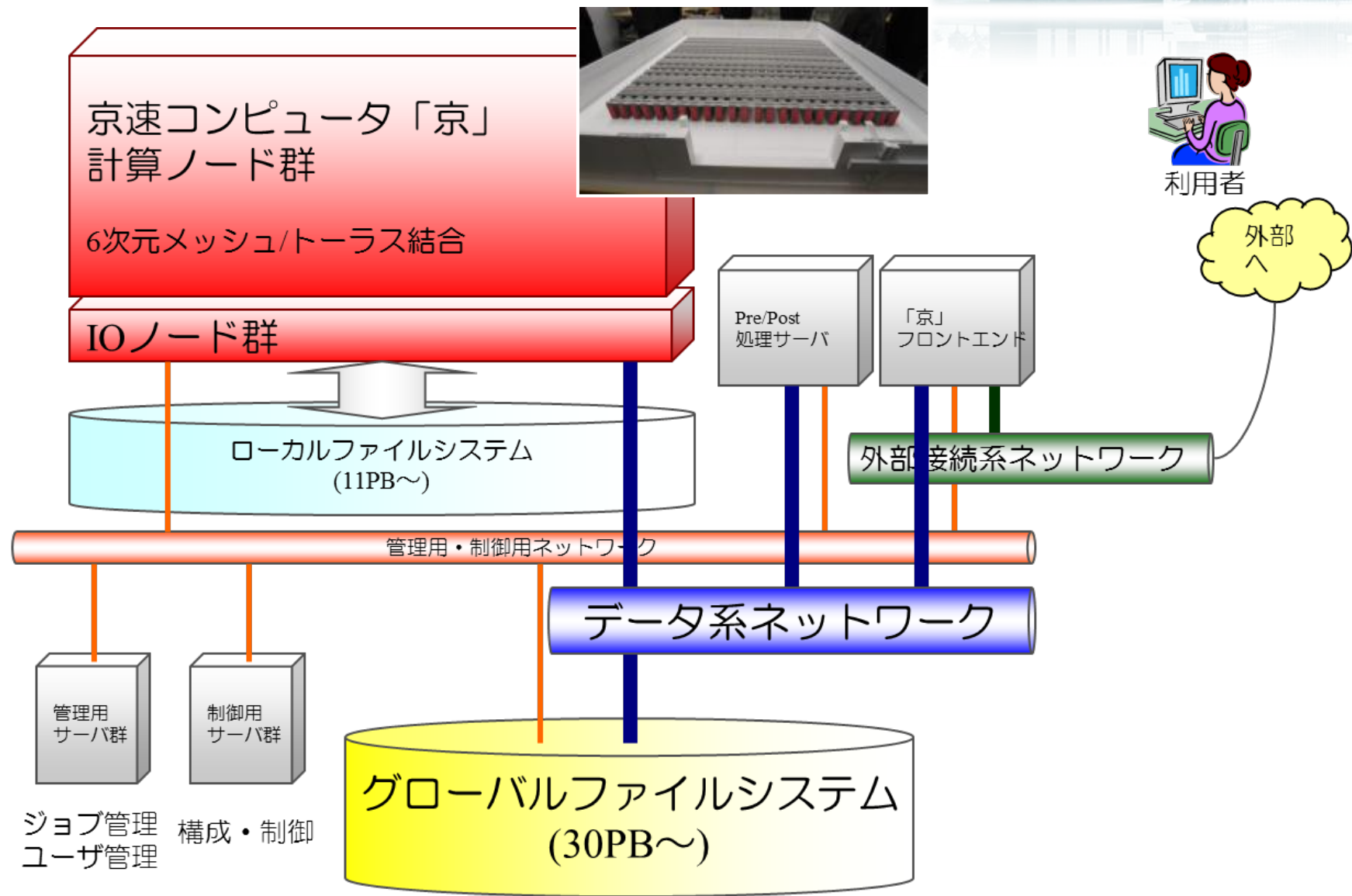
数十万台のパソコンをつなぐ技術が必要



Tofu : 6次元メッシュ・トーラス



# システム構成概要



利用者

外部へ

# 「京」のシステム構成

システム全体

計算ラック×864  
(CPU: 82,944個)

計算ラック群

計算ラック×8

1京回/秒=10ペタフロップス  
1PB以上

計算ラック

システムボード×24  
IOシステムボード×6

システムボード

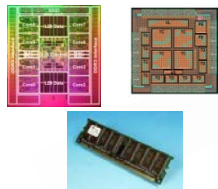
計算ノード×4



5120億回/秒  
64GB

計算ノード

CPU×1  
ICC×1  
メモリ

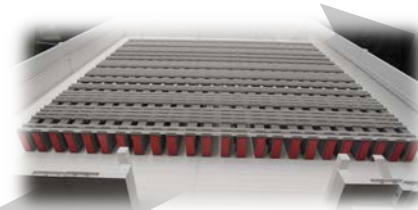
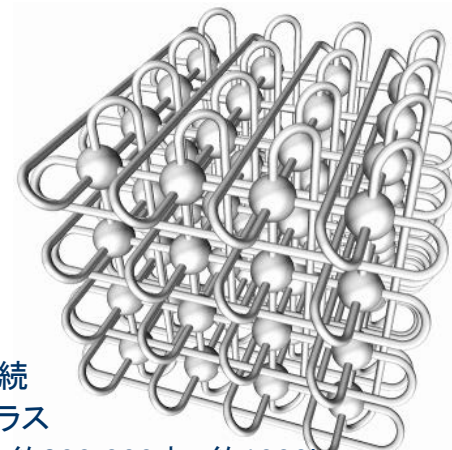


1280億回/秒  
16GB

12.3兆回/秒  
1.5TB

98.4兆回/秒  
12TB

- CPU間の接続
  - 3次元トーラス
  - ケーブル: 約200,000本, 約1000km



# 2期連続世界一になりました！



**LINPACKで... 1秒間に10510兆回の計算**

# LINPACKって？

## 2元連立一次方程式

$$\begin{cases} x + 2y = 2 \\ x - y = 5 \end{cases} \Leftrightarrow \left( \begin{array}{cc|c} 1 & 2 & 2 \\ 1 & -1 & 5 \end{array} \right)$$

$$\begin{array}{l} 2 \text{行} - 1 \text{行} \\ \Leftrightarrow \end{array} \begin{cases} x + 2y = 2 \\ -3y = 3 \end{cases} \Leftrightarrow \left( \begin{array}{cc|c} 1 & 2 & 2 \\ 0 & -3 & 3 \end{array} \right)$$

$$\begin{array}{l} 2 \text{行} \div (-3) \\ \Leftrightarrow \end{array} \begin{cases} x + 2y = 2 \\ y = -1 \end{cases} \Leftrightarrow \left( \begin{array}{cc|c} 1 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & -1 \end{array} \right)$$

$$\begin{array}{l} 1 \text{行} - 2 \text{行} \times 2 \\ \Leftrightarrow \end{array} \begin{cases} x = 4 \\ y = -1 \end{cases} \Leftrightarrow \left( \begin{array}{cc|c} 1 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & -1 \end{array} \right)$$

大規模な連立一次方程式がどれくらい速く解けるか？

➡ 11,870,208元の連立一次方程式を29.5時間かけて解いた。

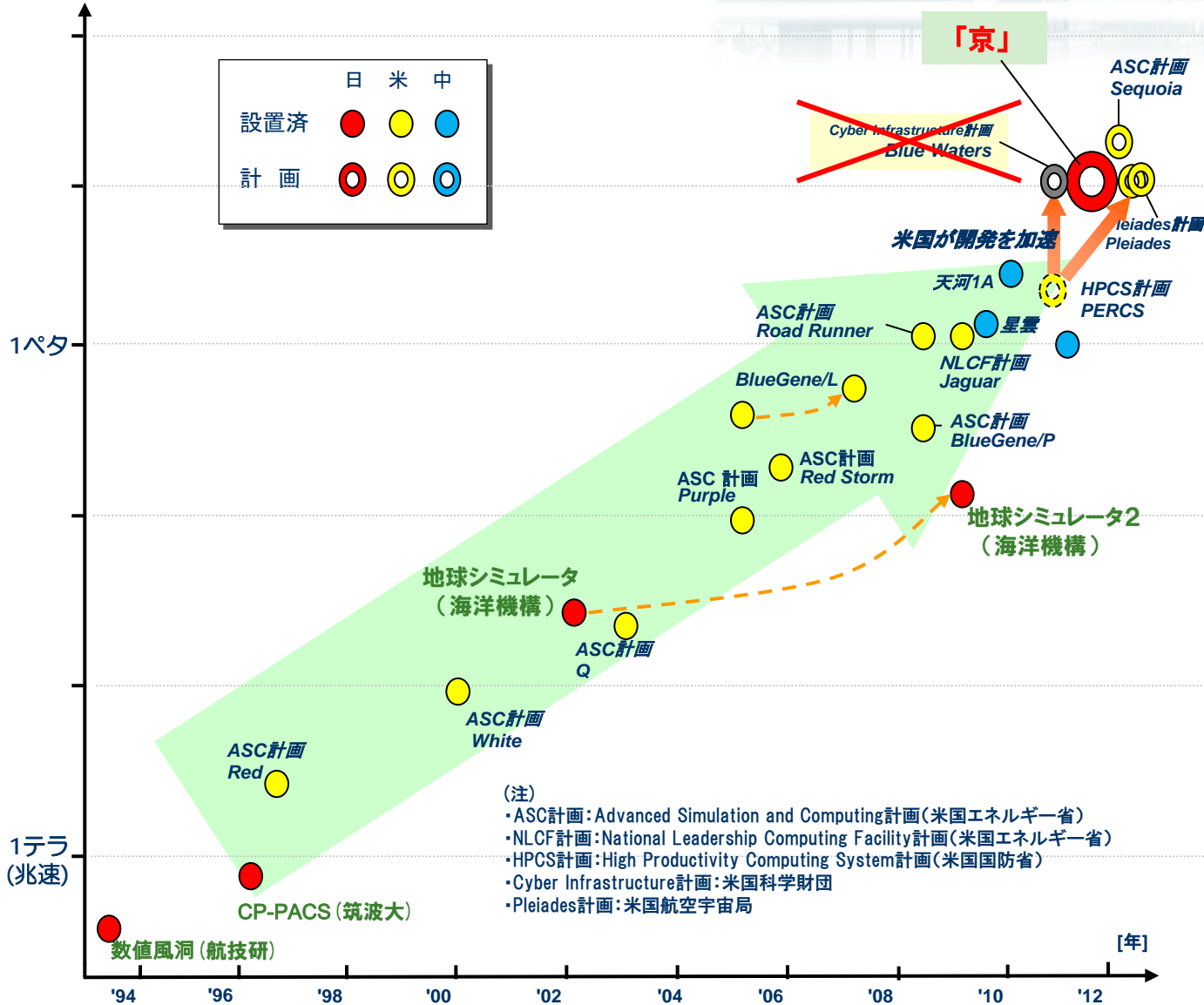




# 世界のスーパーコンピュータ開発

ピーク性能

- ◆ 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「京」の施設



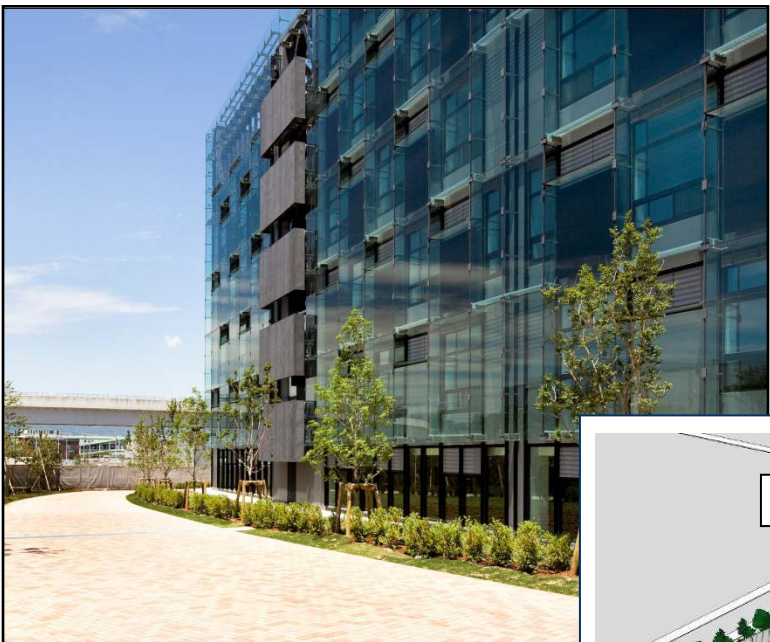
東京から西に450km

兵庫県神戸市中央区港島南町7丁目（ポートアイランド第2期内）  
ポートアイランド南駅より徒歩約3分，JR新神戸駅から25分





# 施設の配置



# 施設のしくみ

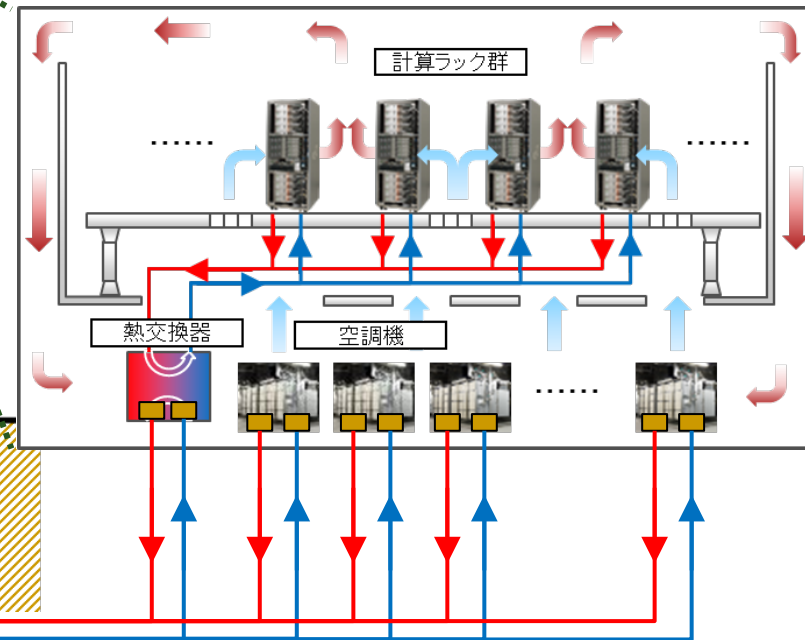
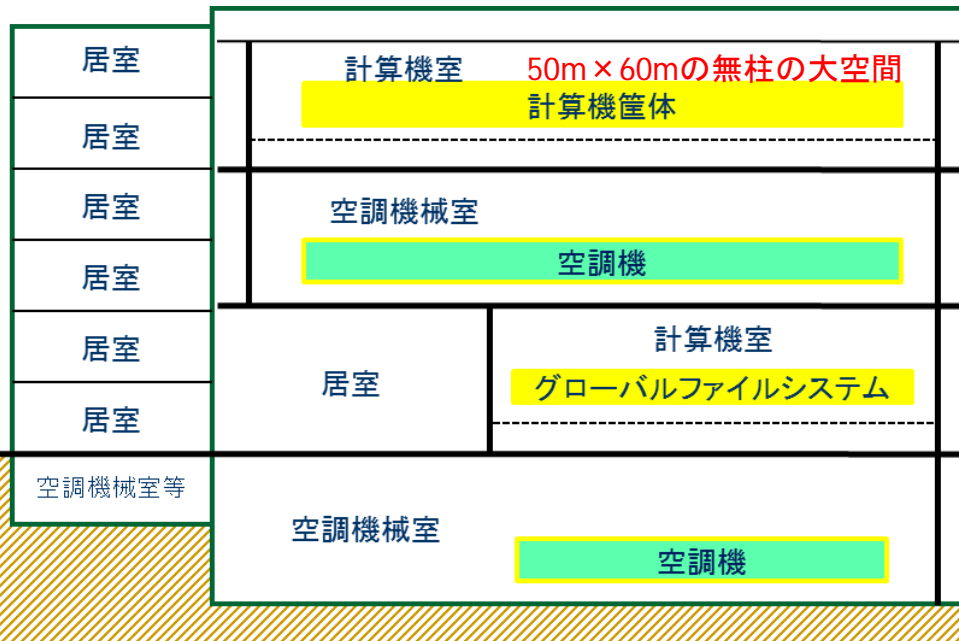


## 研究棟

- 地上6階, 地下1階(鉄骨造り)
- 建築面積 ~1,800m<sup>2</sup>, 延床面積 ~9,000m<sup>2</sup>

## 計算機棟

- 地上3階, 地下1階(鉄骨造り)
- 建築面積 ~4,300m<sup>2</sup>, 延床面積 ~10,500m<sup>2</sup>



### 熱源機械棟 (面積 1900m<sup>2</sup>)

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 200m<sup>2</sup>)

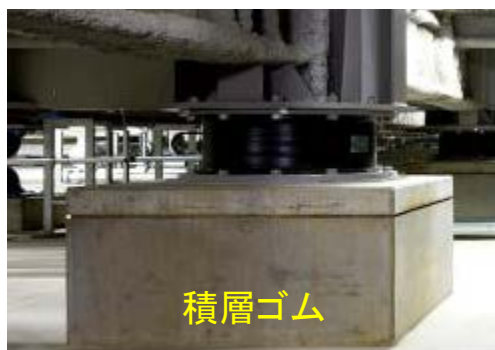
30MW  
77,000V (受電)  
→ 6,600V



# 施設の特徴

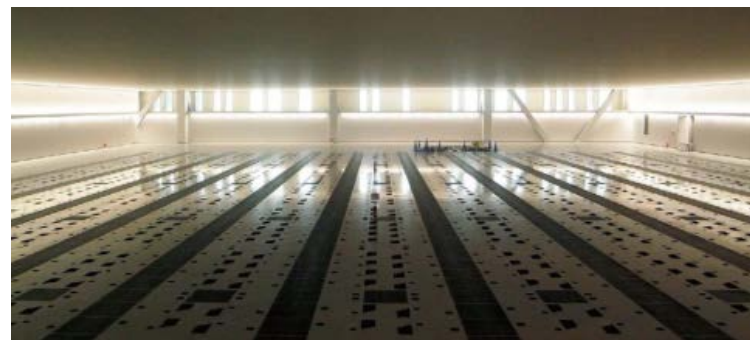
## ■ 耐震性

- 研究棟及び計算機棟は免震構造. 積層ゴムによる免震装置を49か所設置. 振動を素早く抑える鉛ダンパーや鋼性U型ダンパーを設置
- 耐震グレードはSグレード(震度6強レベルの大地震が起きても主要な機能を確保)



## ■ 計算機室構造

- 設置レイアウトの自由度の確保, 均一配置, スパコンの相互接続時の通信ケーブル長の短縮化に対応するため, 計算機室は無柱.
  - 約200,000本のケーブル, 約1,000km
- 計算機設置フロアの床耐荷重は平均約1トン/m<sup>2</sup>



ご清聴ありがとうございました😊

*A photo in the early evening*