

別冊

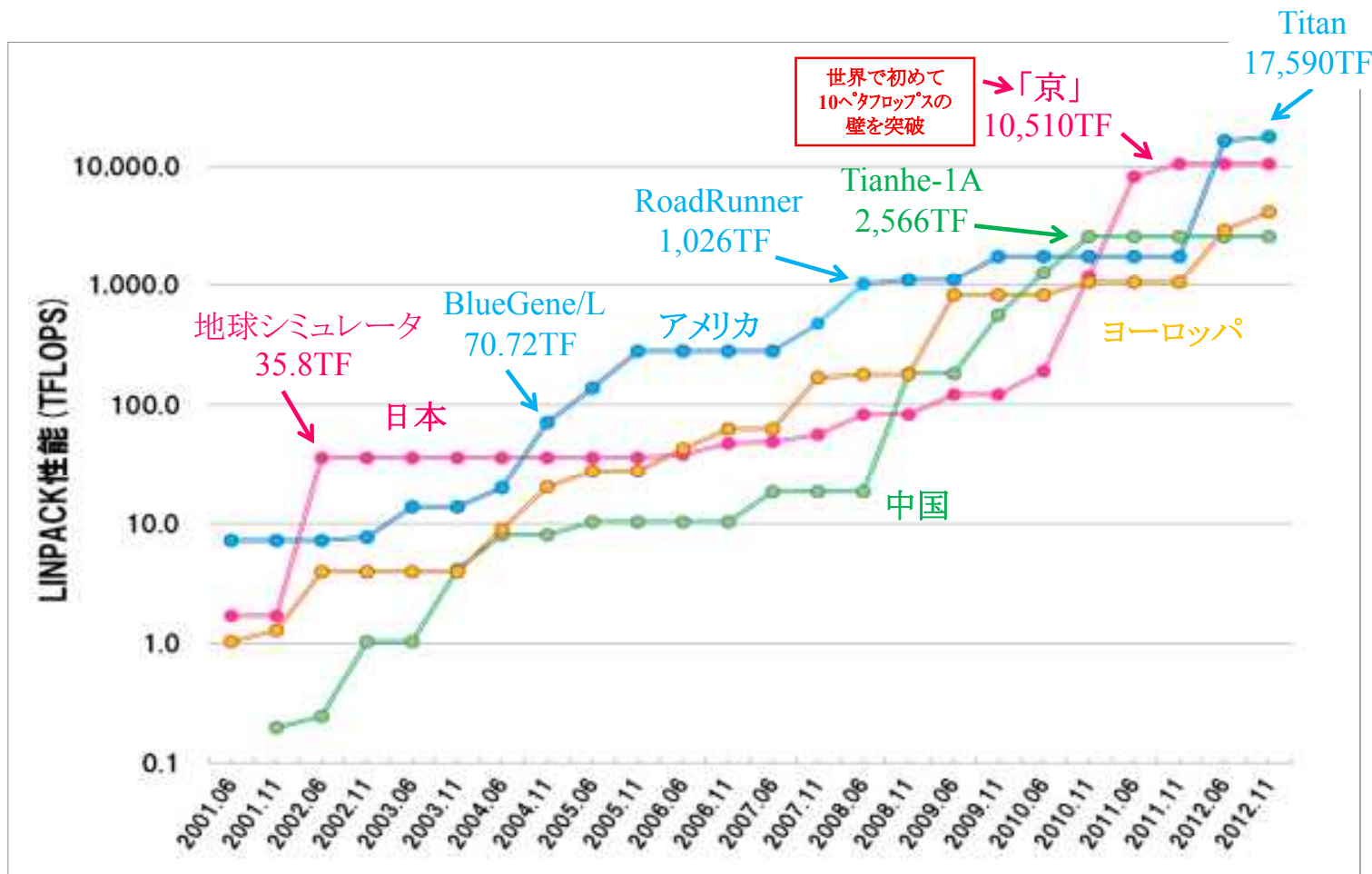
参考資料集

1. 国際的な状況.....	1
2. 国内の状況.....	7
3. HPCI の利用、課題選定	15
4. スパコンによる成果例	20

空白ページ

1 . 国際的な状況

TOP500の各国1位の推移



スーパーコンピュータ性能ランキングの変遷

○今回1位となったオークリッジ国立研究所のTitanは、LINPACK実効性能17.59ペタFLOPS、実効性能64.8%。前回のローレンスリバモア国立研究所のSequoiaに続き、米国のシステムが2期連続1位を獲得。

○TOP10ランクイン状況としては、米国(5システム)が1位、ドイツ(2システム)が2位、日本/中国/イタリアが1システムずつ。TOP100ランクインでも、米国が46システムと圧倒的の優位な状況となっている。次いで、日本(12システム)が2位、英国(8システム)が3位、フランス(6システム)が4位、ドイツ(5システム)と中国(5システム)が5位と続いている。

平成23年11月

順位	システム名称	サイト	ベンダ	国名	Lingpack 演算性能 (TFLOPS)
1	「京」(K computer)	理研 計算科学研究機構(AICS)	富士通	日	10,510
2	Tianhe-1A(天河1A号)	天津スハコンセンタ	NUDT	中	2,566
3	Jaguar	オークリッジ研	Cray	米	1,759
4	Nebulae(星雲)	深圳スハコンセンタ	Dawning	中	1,271
5	TSUBAME2.0	東工大工学国際情報センタ(GSIC)	NEC/HP	日	1,192
6	Cielo	サンディア研	Cray	米	1,110
7	Pleiades	NASA	SGI	米	1,088
8	Hopper	国立エネルギー研(NERSC)	Cray	米	1,054
9	Tera-100	フランス原子力庁(CEA)	Bull SA	仏	1,050
10	RoadRunner	ロスアラモス研	IBM	米	1,042
28	Helios	国際核融合エネルギー研究センタ	Bull SA	日	361
52	BX900	日本原子力研究開発機構(JAEA)	富士通	日	191
72	SGI Altix ICE 8400EX	東大 物性研	SGI	日	162
94	地球シミュレータ	地球シミュレータセンタ	NEC	日	122
95	Hitachi SR16000	北海道大学情報基盤センタ	日立	日	122

平成24年6月

順位	システム名称	サイト	ベンダ	国名	Lingpack 演算性能 (TFLOPS)
1	Sequoia	ローレンスリバモア研	IBM	米	16,325
2	「京」(K computer)	理研 計算科学研究機構(AICS)	富士通	日	10,510
3	Mira	アルゴンヌ研	IBM	米	8,162
4	SuperMUC	ライプニッツスーパーコンピュータセンタ(LRZ)	IBM	独	2,897
5	Tianhe-1A(天河1A号)	天津スハコンセンタ	NUDT	中	2,566
6	Jaguar	オークリッジ研	Cray	米	1,941
7	Fermi	Cinecaコンピュータセンタ	IBM	伊	1,725
8	JuQUEEN	ユーリヒ総合研究機構(FZJ)	IBM	独	1,380
9	Curie thin nodes	フランス原子力庁	Bull SA	仏	1,359
10	Nebulae(星雲)	深圳スハコンセンタ	Dawning	中	1,271
12	Helios	国際核融合エネルギー研究センタ	Bull SA	日	1,237
14	TSUBAME2.0	東工大工学国際情報センタ(GSIC)	NEC/HP	日	1,192
18	Oakleaf-FX	東大情報基盤センタ	富士通	日	1,043
36	BlueGene/Q	高エネルギー加速器研究機構	IBM	日	518
41	HA-PACS	筑波大計算科学研究センタ	Agpro/Cray	日	422
70	Hitachi SR16000	東北大学 金属材料研究所	日立	日	244
73	Camphor	京都大学	Cray	日	239
84	BX900	日本原子力研究開発機構(JAEA)	富士通	日	191

平成24年11月

順位	システム名称	サイト	ベンダ	国名	Lingpack 演算性能 (TFLOPS)
1	Titan	オークリッジ研	Cray	米	17,590
2	Sequoia	ローレンスリバモア研	IBM	米	16,325
3	「京」(K computer)	理研 計算科学研究機構(AICS)	富士通	日	10,510
4	Mira	アルゴンヌ研	IBM	米	8,162
5	JuQUEEN	ユーリヒ総合研究機構(FZJ)	IBM	独	4,141
6	SuperMUC	ライプニッツスーパーコンピュータセンタ(LRZ)	IBM	独	2,897
7	Stampede	テキサス大学	Dell	米	2,680
8	Tianhe-1A(天河1A号)	天津スハコンセンタ	NUDT	中	2,566
9	Fermi	Cinecaコンピュータセンタ	IBM	伊	1,725
10	DARPA Trial Subset	DOO国防高等研究計画局 IBM開発セ	IBM	米	1,515
15	Helios	国際核融合エネルギー研究センタ	Bull SA	日	1,237
17	TSUBAME2.0	東工大工学国際情報センタ(GSIC)	NEC/HP	日	1,192
21	Oakleaf-FX	東大情報基盤センタ	富士通	日	1,043
39	SGI Altix X	電力中央研究所	SGI	日	582
41	HIMAWARI	高エネルギー加速器研究機構	IBM	日	518
42	SAKURA	高エネルギー加速器研究機構	IBM	日	518
45	PRIMERGY CX400	九州大学	富士通	日	460
51	HA-PACS	筑波大計算科学研究センタ	Agpro/Cray	日	422
95	Hitachi SR16000	核融合科学研究所	日立	日	253
97	Camphor	京都大学	Cray	日	251.7
100	Hitachi SR16000	東北大学 金属材料研究所	日立	日	243.9

TITAN（タイタン）について

概要

■米国エネルギー省が進めるAdvanced Simulation and Computing (ASC) プログラムの一環として、自然科学の幅広い分野での活用を目的として開発されたスーパーコンピュータ。

■米国オークリッジ国立研究所に設置され、CRAYが中心に開発。目標性能は27ペタフロップス(「京」の約2.4倍)。

■汎用CPUにGPU※1 と呼ばれるチップを搭載した構成。(日本国内では、東工大TSUBAME2.0などが同じアーキテクチャを既に採用。)

■TITANではGPU部分が総演算性能の90%を担うことで、対性能比での低コストと省電力等を実現。一方、性能を引き出すためには専用の言語でのプログラミングが必要となるため、ソフトウェアの開発や既存のソフトウェアの継承が難しい。また、一般的に実効性能がCPUだけのシステムに比べて劣る。

※1 GPUとは

Graphics Processing Unit(画像処理装置)の略。画像処理に必要な計算処理を行う半導体チップ。

TITANの外観

(米国オークリッジ国立研究所ホームページより引用)



「京」との性能比較

	TITAN ※2	「京」
ノード数	18688 (CPU+GPU: 18688)	88128 (88128CPU)
1ノードあたりの演算性能(GFLOPS)	1452.8 (CPU: 140.8+GPU: 1310)	128.0
理論ピーク性能(PFLOPS)	27.11 (CPU: 2.63+GPU: 24.48)	11.28
リンパック性能(PFLOPS)	17.59	10.51
リンパック実行効率(%)	64.8	93.2
メモリ容量(PB)	0.67 (CPU: 0.57+GPU: 0.10)	1.3
演算性能あたりのメモリ容量(TB/PFLOPS)	25.7 (CPU: 221.9, GPU: 4.4)	122.1
演算性能あたりのメモリ帯域(B/FLOP)	CPU: 0.36 GPU: 0.19	0.5
演算性能あたりのインターコネクト帯域(B/FLOP)	CPU部分のみ: 0.19 全体(GPU含む): 0.019	0.39
設置面積(㎡)	約400	約1500
消費電力(MW)	8.2	12.7

※2 TITANの性能については現在調査中のもの(今後変更もあり得る)

Sequoia（セコイア）について

概要

■米国エネルギー省のAdvanced Simulation and Computing (ASC) プログラムの一環として、国家核安全保障局が主導的に進めている核兵器の性能、安全性、信頼性を解析・予測することを主たる目的として開発されたスーパーコンピュータ。

■米国ローレンス・リバモア国立研究所に設置され、IBMが開発。目標性能は20ペタフロップス(「京」の約2倍)。

「京」とセコイアの比較

■アプリケーションプログラムの実効性能や使いやすさに関係する演算性能あたりのメモリ容量、CPU・メモリ間のデータ転送性能やCPU間のデータ転送性能では、「京」が優位となっており、幅広い分野での活用が可能と考えられる。

■一方、Sequoiaは理論ピーク性能で「京」の約2倍となっているほか、消費電力性能や設置面積で「京」よりも優位となっている。

Sequoiaの外観

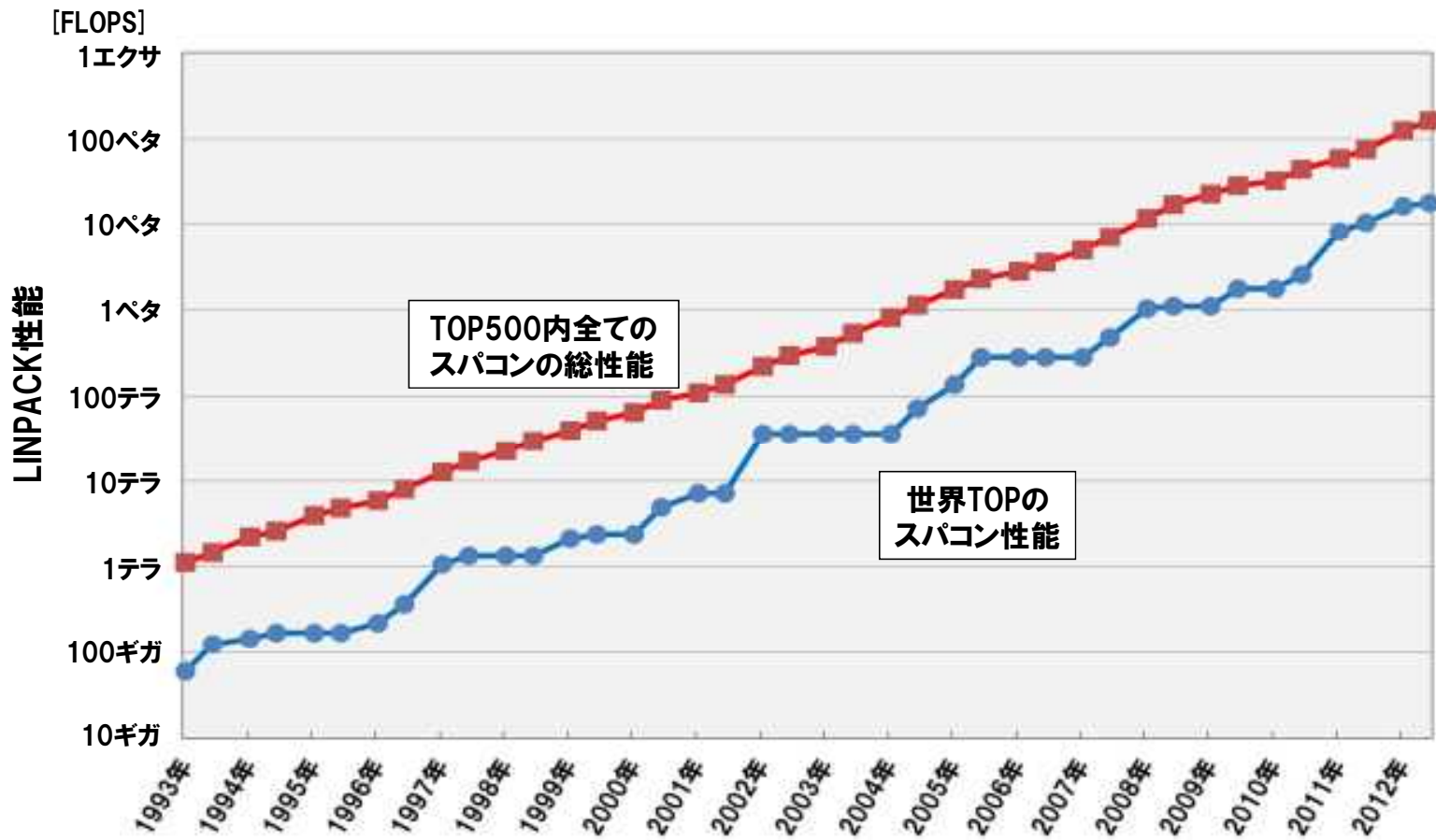
(TOP500ホームページより引用)



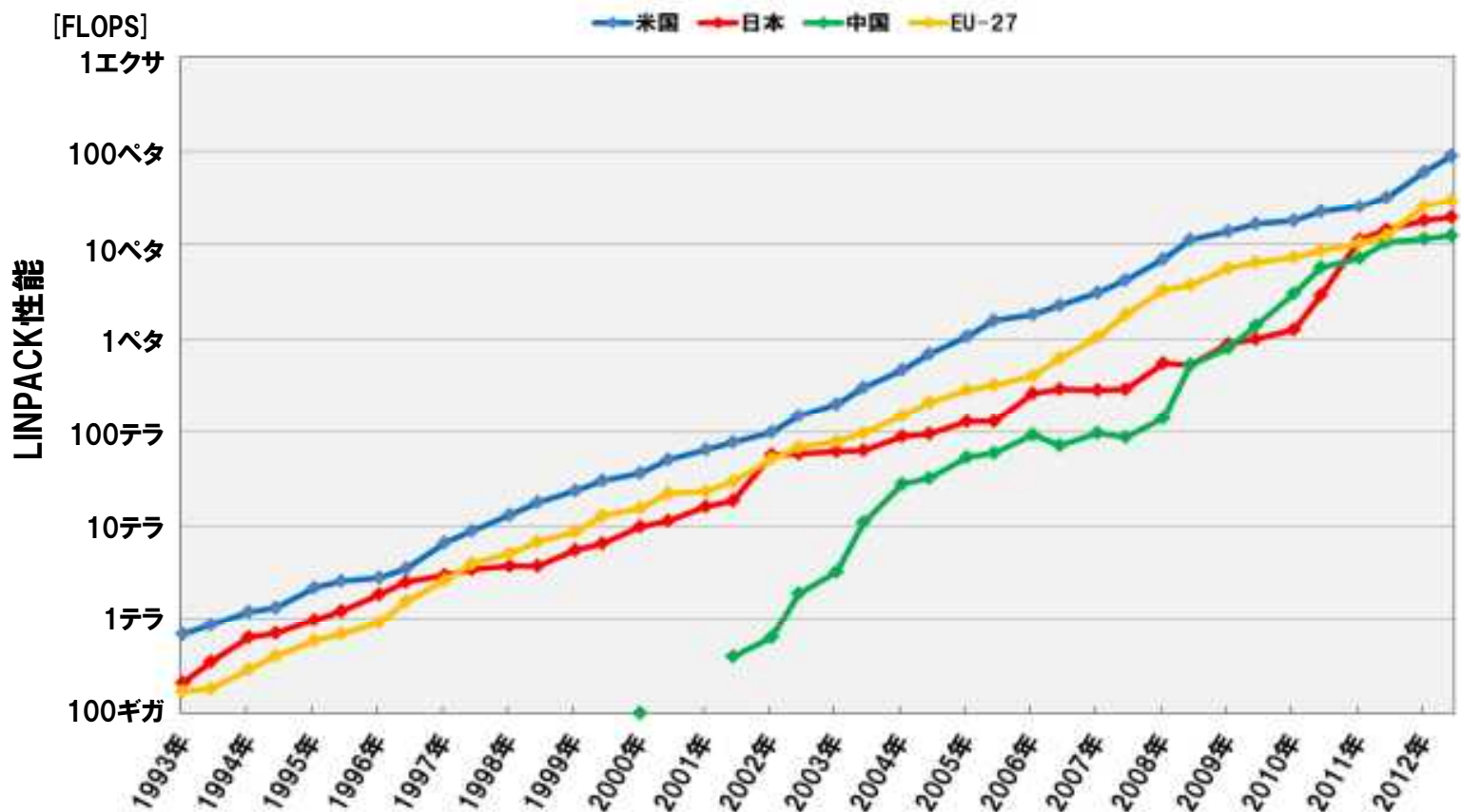
「京」との性能比較

	Sequoia	「京」
ノード数(CPU数)	98304	88128
1ノードあたりの演算性能(GFLOPS)	204.8	128.0
理論ピーク性能(PFLOPS)	20.13	11.28
リンパック性能(PFLOPS)	16.32	10.51
リンパック実行効率(%)	81.1	93.2
メモリ容量(PB)	1.5	1.3
演算性能あたりのメモリ容量(TB/PFLOPS)	76.3	122.1
演算性能あたりのメモリ帯域(B/FLOP)	0.20	0.5
演算性能あたりのインターコネクト帯域(B/FLOP)	0.10	0.39
設置面積(㎡)	約300	約1500
消費電力(MW)	7.9	12.7

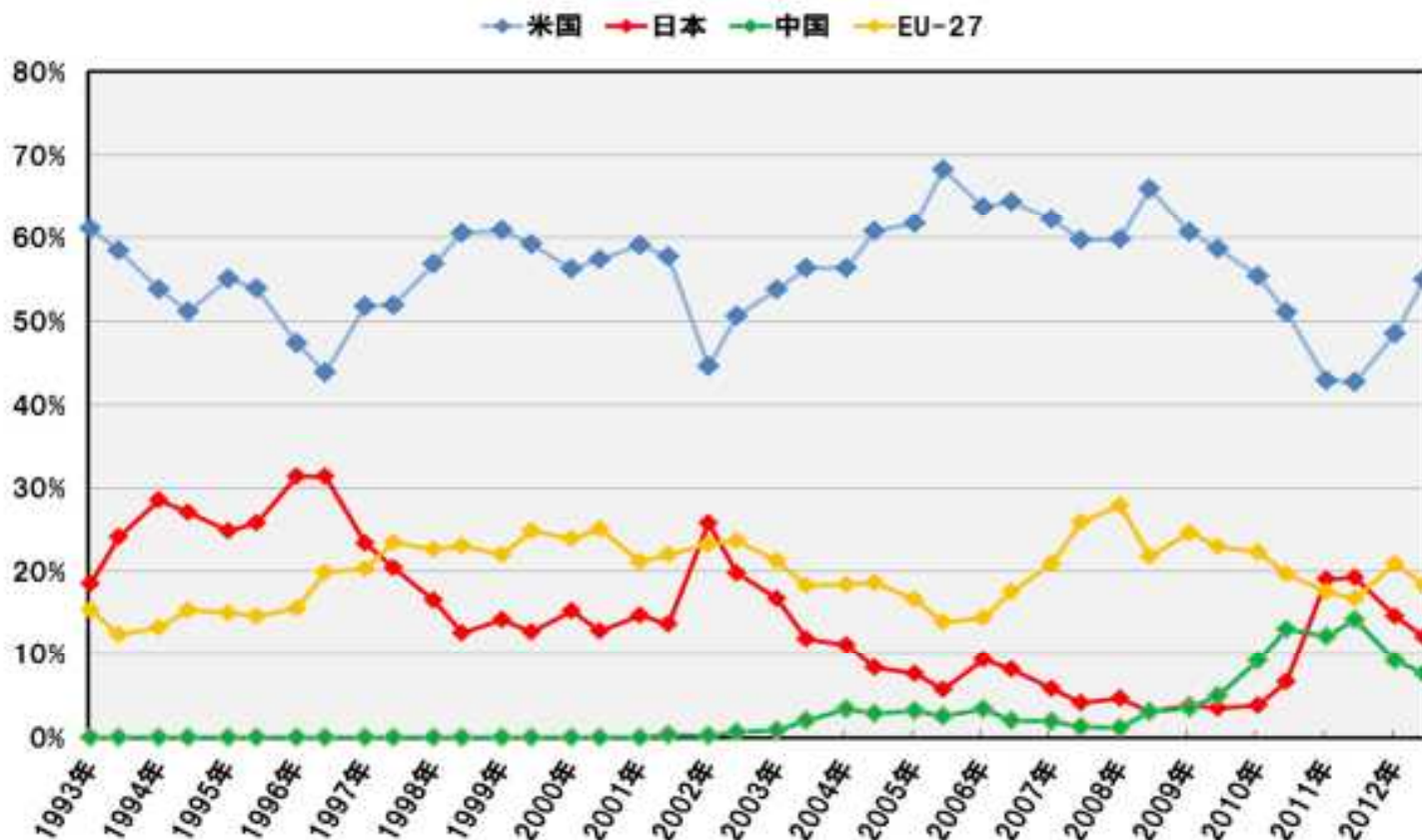
世界のスパコン性能推移



TOP500 国別性能推移



TOP500 国別性能割合推移



世界各国のハイパフォーマンス・コンピューティング(HPC)への取組(1/2)

- スーパーコンピュータの活用が、経済成長、国家安全保障、産業競争力・科学技術力強化に必須であることが、米国、欧州を中心に国際的な共通認識となり、各国においてはHPC技術の強化等を目的とした**法律を制定**するなど、HPC関連の技術開発を重要政策と位置づけ、活発に研究開発が実施されている。
- また、**米国、欧州**に加えて**中国の台頭**が目覚ましく、いずれも国家存立の基盤技術と位置づけ、国主導で研究開発が進められている。
- さらに、エクサスケール(1エクサ=1000ペタ=100京)コンピューティングの**2020年頃の実現**を見据えて、技術開発プロジェクトが世界各国において活発に実施されている。



米国

- ・**HPC法**(High-Performance Computing Act)を1991年に制定
 - DOD/DARPA、DOEを中心にHPCC計画、CIC計画、NTIRD計画等が継続的に実施され、**2010年のスパコン予算は1883M\$**の規模に到達したと報告されている。
 - DOE/NSAの核兵器応用を目的とした**ASCI計画**、**ASC計画**で開発されたスパコンが1997～2001年、2004～2009年の期間TOP500の1位を堅持している。
- ・超並列スーパーコンピュータの利用促進プログラム**INCITE**(DOE:2003年～)を実施中
 - 2012年は、60課題に**Jaguar**と**Intrepid(BlueGene/P)**を合わせて**1.7Bコア時間**(60%に相当)を配分と報告されている。
 - 2013年は、61課題に**Titan**、**Mira**と**Intrepid**を合わせて**5.0Bコア時間**の配分を予定と報告されている。
- ・2012年、LLNLの**Sequoia**(20ペタ)、ORNLの**Titan**(27ペタ)など10ペタ超級コンピュータが續々稼働
 - 1年後には、**最大87ペタ**の計算能力を6主要研究機関で所有する計画。
- ・当初の計画より遅れているが、2018年までに2～3台のプロトタイプを開発し、2020年頃には1～3台のエクサ級コンピュータの稼働を目指して準備を着実に推進
 - 2013年度関連予算は90M\$にとどまったが、次年度の**本格予算計画**をDOEが策定中と報道されている。
 - **FastForward**(DOE:2012～2014年)で**IBM他5社**とエクサのハード開発に着手(62M\$)している。
 - エクサ向け超並列対応ソフトウェア研究開発では、燃焼を含む3課題が**DOEのCo-Design**で実施されている。
 - **ソフト開発プロジェクトXstack**(2012～2015年)が新たに開始されている。
 - DOEは**4年以内に100～300ペタ級コンピュータ**をORNL、アルゴンヌ、LLNLに導入との報道。

世界各国のハイパフォーマンス・コンピューティング(HPC)への取組(2/2)



EU

- FP8-Horizon計画(2014～2020年)でHPC関連予算を1.2Bユーロに倍増と報道
- 欧州25カ国が参加する超並列スーパーコンピュータの利用促進プログラムPRACE(2008年～)を実施中
 - 仏、独、西、伊から400Mユーロの資金を獲得し、超ペタ級コンピュータ整備が実施中である。
 - JUQUEEN(独FZJ:5.033PFLOPS)、HERMIT(独HLRS:1.0PFLOPS)、CURIE(仏CEA:2PFLOPS)、FERMI(伊CINECA:2PFLOPS)他計6機のオーバペタ級コンピュータのリソースを公募で配分している。
 - 2010～2012年に、4.2Bコア時間を159プロジェクトに配分したと報告されている。
- EESI2(European Exascale Software Initiative)で、引き続きエクサ実現の課題抽出とロードマップ作成を継続
- エクサ関連プロジェクトMont-Blanc、DEEP、CRESTA(総額42Mユーロ)で、ハードとソフトの研究開発を実施中



中国

- 国家科学技術重大プロジェクト(第12&13次5ヵ年計画:2011～2020年)でHPC関連に重点投資
- 天河-1A他4機のペタ級コンピュータを稼働させた実績。CPUとネットワークの自国生産を重視して国主導で研究開発促進
- MOST-863(第12次5ヵ年計画)で、2015年までに100ペタ級コンピュータを開発予定と報道
- 2020年までに、エクサコンピュータの製造を計画とも報道
- 2012年11月のTOP500では72システムが入り、米国に次いで2位



ロシア

- モスクワ州立大学がT-Platformと、2013年稼働の10ペタ級コンピュータの開発中と報道
 - 2020年のエクサコンピュータの開発も視野にいており、1.5B\$を想定との報道もされている。
- 2012年11月のTOP500では、26位の実績



インド

- インド政府がペタ～エクサ級コンピュータを872M\$を投じて2017年までに開発との報道
- 2012年11月のTOP500では、82位の実績



韓国

- 1995年、韓国情報基盤イニシアティブ(KII: Korea Information Infrastructure Initiative)を開始
- HPC法(National Supercomputing Promotion Act)を2011年に制定
- 2012年11月のTOP500では、78位の実績
- 超高性能コンピュータを国家レベルで重点育成するための中長期計画(第1次国家最高性能コンピュータ育成基本計画(2013～17))を策定

2. 国内の状況

第4期科学技術基本計画 平成23年8月19日閣議決定(HPCI関係抜粋)

Ⅲ. 我が国が直面する重要課題への対応

2. 重要課題達成のための施策の推進

(4) 国家存立の基盤の保持

i) 国家安全保障・基幹技術の強化

有用資源の開発や確保に向けた海洋探査及び開発技術、情報収集や通信をはじめ国の安全保障や安全な国民生活の実現等にもつながる宇宙輸送や衛星開発及び利用に関する技術、地震や津波等の早期検知に向けた陸域、海域における稠密観測、監視、災害情報伝達に関する技術、独自のエネルギー確保のための新たなエネルギーに関する技術、**世界最高水準のハイパフォーマンズコンピューティング技術**、地理空間情報に関する技術、さらに能動的で信頼性の高い(ディペンダブルな)情報セキュリティに関する技術の研究開発を推進する。

(5) 科学技術の共通基盤の充実、強化

i) 領域横断的な科学技術の強化

先端計測及び解析技術等の発展につながるナノテクノロジーや光・量子科学技術、**シミュレーションやe-サイエンス等の高度情報通信技術**、数理科学、システム科学技術など、複数領域に横断的に活用することが可能な科学技術や融合領域の科学技術に関する研究開発を推進する。

Ⅳ. 基礎研究及び人材育成の強化

4. 国際水準の研究環境及び基盤の形成

(1) 大学及び公的研究機関における研究開発環境の整備

②先端研究施設及び設備の整備、共用促進

<推進方策>

- ・国は、公的研究機関を中心に、世界最先端の研究開発の推進に加えて、幅広い分野への活用が期待される**先端研究施設及び設備の整備**、更新等を着実に進めるとともに、**その着実な運用や、「共用法」に基づく施設など世界最先端の研究施設及び設備について共用を促進するための支援**を行う。
- ・公的研究機関等は、保有する**施設及び設備の共用を促進**するとともに、これを利用する研究者や機関の利便性を高めるため、安定的な運転時間の確保や利用者ニーズを把握した上での技術支援者の適切な配置など、利用者支援体制を充実、強化する。また、優れた研究成果が創出できるよう、共用に際して、研究課題の公募や選定の在り方を含め、より成果が期待される研究開発を戦略的に実施するための方策を講じる。

革新的ハイパフォーマンズ・コンピューティング・インフラ (HPCI) の構築

平成25年度予算案 : 16,416百万円
(平成24年度予算額 : 19,941百万円)

事業概要

今後とも我が国が科学技術・学術研究、産業、医・薬など広汎な分野で世界をリードし続けるため、スーパーコンピュータ「京」を中核とし、多様な利用者のニーズに応える革新的な計算環境(HPCI:革新的ハイパフォーマンズ・コンピューティング・インフラ)を構築するとともに、この利用を推進し、地震・津波の被害軽減や、グリーン・ライフイノベーション等に貢献。

(1)HPC(ハイパフォーマンズ・コンピューティング)基盤の運用 13,802百万円 (16,866百万円)

(i)「京」の運営 11,484百万円 (15,009百万円) ※H24年度は開発に係る経費含む

- (内訳)・「京」の運用等経費 10,587百万円 (9,653百万円)
- ・特定高速電子計算機施設利用促進897百万円 (897百万円)

我が国の高性能計算環境の中核となるスーパーコンピュータ「京」の運用を着実にすすめる。

(ii)HPCIの運営 2,318百万円 (1,856百万円)

多様な利用者のニーズに応じ、我が国の計算資源を最適に活用するとともに、データの共有や共同分析などを可能とするための研究基盤を構築する。平成25年度は、平成24年9月28日に共用開始したHPCIのシステムの着実な運用を行う。また、将来のHPCIのシステムのあり方の調査研究を行う。

(2)HPCI利用の推進 2,614百万円 (3,075百万円)

(i)HPCI戦略プログラム 2,614百万円 (3,075百万円)

「京」を中核とするHPCIを最大限活用し、①画期的な成果創出、②高度な計算科学技術環境を使いこなせる人材の創出、③最先端計算科学技術研究教育拠点の形成を目指し、戦略機関を中心に下記の戦略分野における「研究開発」及び「計算科学技術推進体制の構築」を推進。

<戦略分野>

- 分野1:予測する生命科学・医療および創薬基盤
- 分野2:新物質・エネルギー創成
- 分野3:防災・減災に資する地球変動予測
- 分野4:次世代ものづくり
- 分野5:物質と宇宙の起源と構造



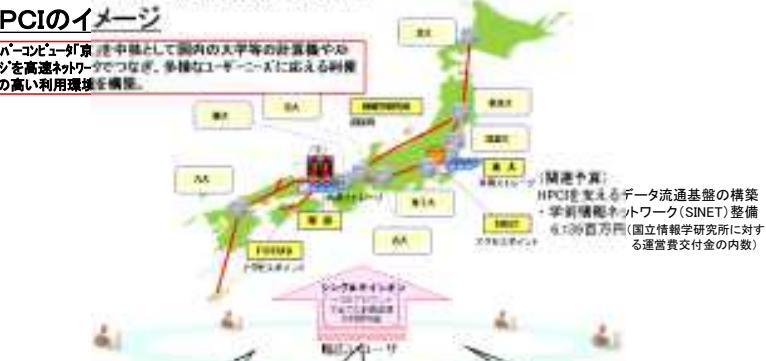
〇スーパーコンピュータ「京」の概要

- ◆平成23年11月に性能目標の**LINPACK 10ペタフロップス※達成**。平成24年6月システム完成。
- ◆平成23年6月、11月と連続で世界スパコン性能ランキング(TOP500)において**1位を獲得**。
- ◆平成24年9月28日に**共用開始**。

※ 10ペタフロップス:1秒間に1京回(=10,000兆回)の計算性能

〇HPCIのイメージ

スーパーコンピュータ「京」を中核として国内の大学等の計算機やハイレージを高速ネットワークでつなぎ、多様なユーザーに応える利便性の高い利用環境を構築。



最先端の計算環境を利用し、重要課題に対応

心臓シミュレーション

細胞・組織・臓器を部分ではなく**心臓全体をありのままに再現し**、心臓病の治療法の検討や薬の効果の評価に貢献



シミュレーションによる地震津波の被害予測

50m単位(ブロック単位)での予測から地盤沈下や液化化現象等の影響も加味した**10m単位(家単位)の詳細な予測**を可能とし、都市整備計画への活用による災害に強い街づくりや**きめ細かな避難計画の策定等**に貢献



シミュレーションによる創薬開発

新薬の候補物質を絞り込む期間を半減(**約2年から約1年**)し画期的な新薬の開発に貢献



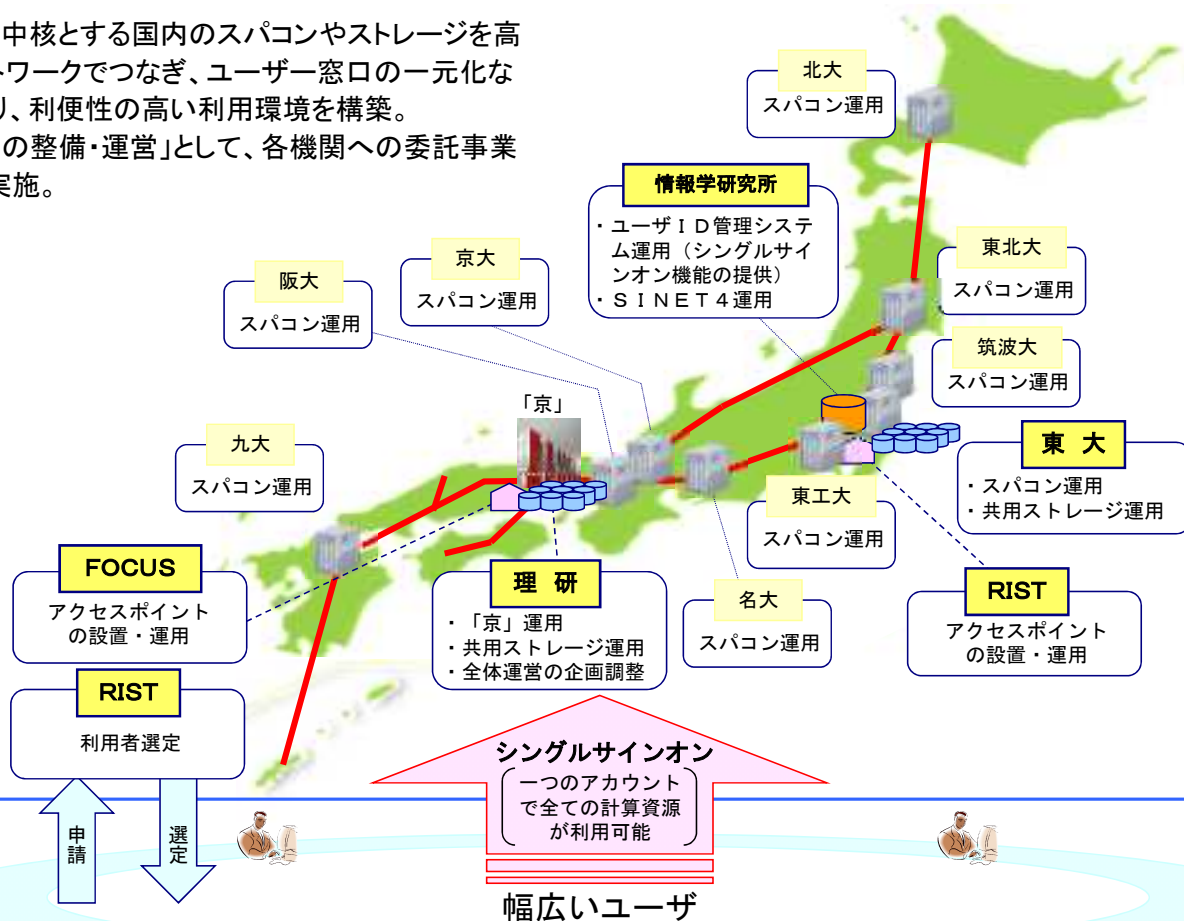
HPCI計画

平成24年4月時点

	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	合 計
次世代 スパコン 「京」	概念設計		詳細設計		試作・評価・製造		性能 チューニング	Linpack 10PFLOPS達成 (目標:H24年6月→実績:H23年11月) 平成24年9月末共用開始 合計 793億円
	<システム開発経費小計> 12億 53億		111億	110億	353億	110億	45億	
					うち、システム製造費) 国庫債務負担行為(3年間の総額490億円) 348億円	102億円	40億円	
「京」 ソフトウェア グランドチャレンジ アプリケーション)	22億	32億	開発・製作・評価 22億		19億	15億	10億 実証 6億	合計 126億円 ※H23,24年度のソフトウェア実証16億は、 HPCI戦略プログラムの中で実施。
「京」施設	1億	34億	設計 67億	建設 61億	29億	完成		合計 193億円
費 用	35億	120億	200億	190億	397億	119億	50億	1,111億円
「京」の 運用等経費					14億	65億	97億	
「京」の利用者 選定・利用支援							9億	共用法に基づく登録機関が実施。
HPCIの構築					HPCIシステム基本設計・詳細設計		整備・構築	※将来のHPCIシステムのあり方の調査 研究のための経費4.4億円を含む。
					0.5億	1.8億	19億※	
HPCI戦略 プログラム				FS 0.3億	準備研究 3億	HPCI戦略プログラム		
						35億	31億	
	H18予算 35億円	H19予算 120億円	H20予算 200億円	H21予算 190億円	H22予算(当初):228億 H22補正 :186億円	H23予算 211億円	H24予算 199億円	

HPCIの枠組み

- 「京」を中核とする国内のスパコンやストレージを高速ネットワークでつなぎ、ユーザー窓口の一元化などにより、利便性の高い利用環境を構築。
- 「HPCIの整備・運営」として、各機関への委託事業により実施。



スーパーコンピュータ「京(けい)」の概要

- ・2011年6月と11月の二期連続で世界スパコン性能ランキング(TOP500)において1位を獲得
- ・「京」の利用研究が2年連続でゴードン・ベル賞(コンピュータシミュレーション分野での最高の賞)を受賞

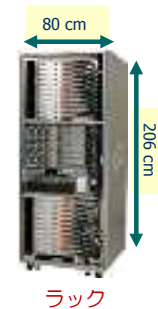
○概要

- ◆平成23年11月にLINPACK性能※1 10ペタフロップス※2達成。
 - ◆平成24年6月システム完成済(兵庫県神戸市の理化学研究所に設置)
 - ◆平成24年9月28日に共用開始
- ※1 スーパーコンピュータの性能を測るための世界的な指標(ベンチマークプログラム),
※2 10ペタフロップス:一秒間に1京回(=10,000兆回=10¹⁶回)の足し算, 掛け算が可能な性能

○プロジェクト経費 約1,110億円(H18~H24)

○特長

- ◆全CPUフル稼働時の連続実行時間は29時間以上で世界最高水準の**信頼性**
- ◆世界トップ10の**実行効率**(理論性能に対する実際の性能の比率)平均が78%のところ、「京」は93%
- ◆アプリケーションプログラムの**実行性能や使いやすさ**に関して高い性能
- ◆**水冷システム**の導入により消費電力の削減や故障率の低減に寄与
- ◆**六次元メッシュ/トーラス**結合の採用による高い利便性・耐故障性・運用性
- ◆**共用法**に基づき、登録機関(高度情報科学技術研究機構)と理化学研究所が連携し、「京」を利用する体制を構築。



CPU(富士通製)
8万個以上を使用



TOP500(平成24年11月)のうち日本に設置されているスパコン

順位	サイト	ベンダ	システム名称	Linpack 演算性能 (テラFLOPS)
3	理研 計算科学研究機構(AICS)	富士通	「京」(K computer)	10,510
15	国際核融合エネルギー研究センタ	Bull SA	Helios	1,237
17	東工大学術国際情報センタ(GSIC)	NEC/HP	TSUBAME2.0	1,192
21	東大情報基盤センタ	富士通	Oakleaf-FX	1,043
39	電力中央研究所	SGI	SGI Altix X	582
41	高エネルギー加速器研究機構	IBM	HIMAWARI	518
42	高エネルギー加速器研究機構	IBM	SAKURA	518
45	九州大学	富士通	PRIMERGY CX400	460
51	筑波大計算科学研究センタ	Appro/Cray	HA-PACS	422
95	核融合科学研究所	日立	Hitachi SR16000	253
97	京都大学	Cray	Camphor	252
100	東北大学 金属材料研究所	日立	Hitachi SR16000	244
124	日本原子力研究開発機構(JAEA)	富士通	BX900	191
151	九州大学	富士通	PRIMEHPC FX10	167
154	東大 物性研	SGI	SGI Altix ICE 8400EX	162
180	京都大学	Appro	Laurel	135
212	金融関係	IBM	xSeries x3650M3	126
217	地球シミュレータセンタ	NEC	地球シミュレータ	122
219	北海道大学情報基盤センタ	日立	Hitachi SR16000	122
229	分子科学研究所	富士通	PRIMERGY RX300	117
251	JAXA	富士通	Fujitsu FX1	111
299	東大情報基盤センタ	日立	T2Kオープンスパコン	102
301	東大ヒトゲノム解析センタ	日立	HA8000	101
310	理研情報基盤センタ(RIKEN)	富士通	RICC	98
358	サービスプロバイダ	IBM	xSeries x3650M3	92
359	サービスプロバイダ	IBM	xSeries x3650M3	92
420	富士通沼津工場	富士通	PRIMEHPC FX10	84
432	国立遺伝学研究所	HP	PC Cluster	83
449	サービスプロバイダ	IBM	xSeries x3650M3	80
450	サービスプロバイダ	IBM	xSeries x3650M3	80
475	筑波大計算科学研究センタ	Appro	T2Kオープンスパコン	77
500	サービスプロバイダ	IBM	xSeries x3650M3	76

		平成23年6月	平成23年11月	平成24年6月	平成24年11月
総Linpack性能 (FLOPS)	日本	11.18ペタ (19.0%)	14.22ペタ (19.2%)	18.00ペタ (14.5%)	19.44ペタ (12.0%)
	全体	58.88ペタ	74.06ペタ	123.41ペタ	161.97ペタ
国内設置台数 _(注) (システム数)		26 (5.2%)	30 (6.0%)	35 (7.0%)	32 (6.4%)
日本製スパコン設置台数 (システム数)		16 (3.2%)	13 (2.6%)	14 (2.8%)	17 (3.4%)

(注)海外メーカー分を含む

9大学情報基盤センターの計算リソースの概要

- 大型計算機を運用管理するとともにその整備を図る
- 学術研究等の共同利用に供する
- 計算機の高度利用に関する研究および開発を行う

平成25年4月現在総理論演算性能 6,509Tflops

大阪大学：
SX-9 (16.4Tflops, 10TB)
SX-8R (5.3Tflops, 3.3TB)
Express5800/120Rg-1 (6.1Tflops, 2TB)
Express5800/53Xh (16.6Tflops, 2.6TB)



京都大学：
Cray XE6 (300.8Tflops, 60TB)
APPRO GreenBlade8000 (242.5Tflops, 38TB)
APPRO 2548X (10.6Tflops, 24TB)



北海道大学：
SR16000/M1 (172.6Tflops, 22TB)



東北大学：
SX-9 (26.2Tflops, 16TB)
SX-9 (3.3Tflops, 2TB)
Express5800 (1.7Tflops, 3TB)



筑波大学：
T2K-Tsukuba (95.4Tflops, 21TB)
70ノード計算機システム (802Tflops, 34TB)



東京大学：
T2K (140.1Tflops, 31TB)
SR16000/M1 (54.9Tflops, 11TB)
PREMEHPC FX10 (1135.2Tflops, 150TB)



東京工業大学：
TSUBAME2.0 (2400Tflops, 99TB)



名古屋大学：
FX1 (30.7Tflops, 24TB)
HX600 (25.6Tflops, 10TB)
M9000 (3.84Tflops, 3TB)



スパコンの保有状況

○大学(最大理論性能が100GFLOPS以上)(平成24年5月現在)

※「学術情報基盤実態調査」による調査結果をもとに集計。調査対象は国立86、公立82、私立610の計778大学。

	学内利用(人)	学外利用(人)	最大理論性能 (TFLOPS)
国立大学(22大学)	9,409	5,190	6,793.94
公立大学(4大学)	372	186	141.44
私立大学(13大学)	2,061	19	82.30
合計	11,842	5,395	7,017.67

※うち、情報基盤センター(9大学) 5,589.82TFLOPS

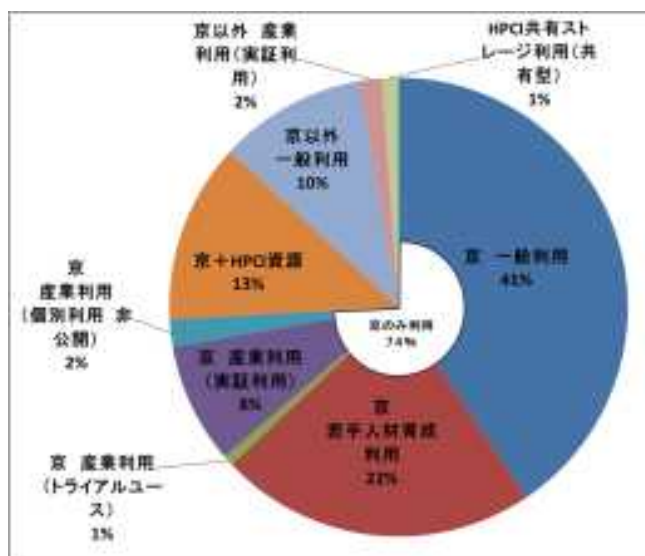
○大学共同利用機関法人、独立行政法人(最大理論性能が1.5TFLOPS以上)

(利用者数は平成24年5月現在、最大理論性能は平成24年10月現在)

	機関内利用(人)	機関外利用(人)	最大理論性能 (TFLOPS)
大学共同利用機関法人	946	3,297	1,949.19
独立行政法人	3,084	844	12,566.08
合計	4,030	4,141	14,515.27

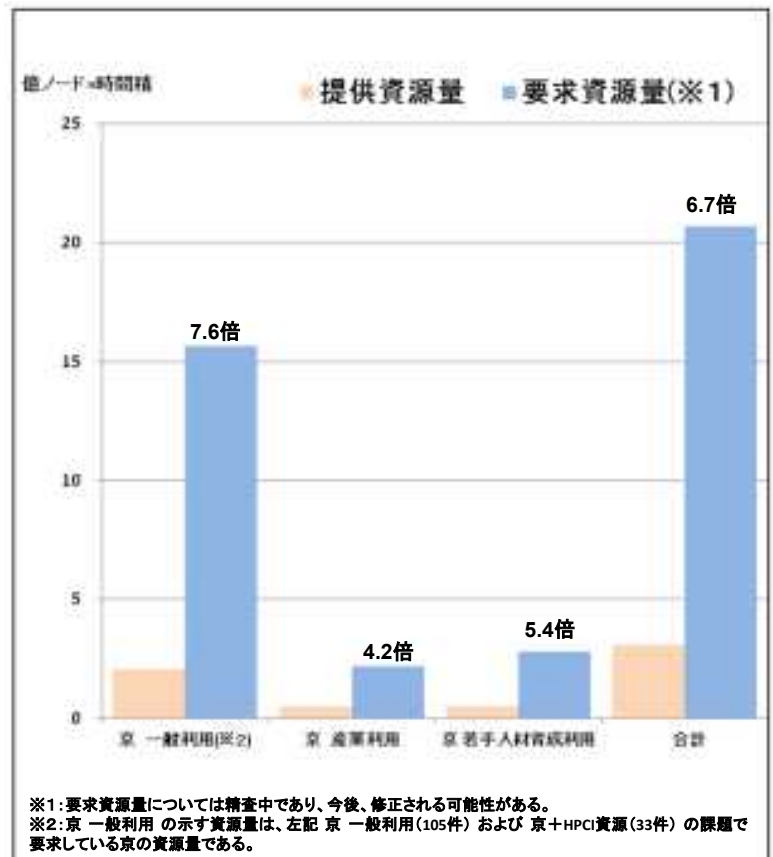
「京」の要求計算資源量

<申請件数>

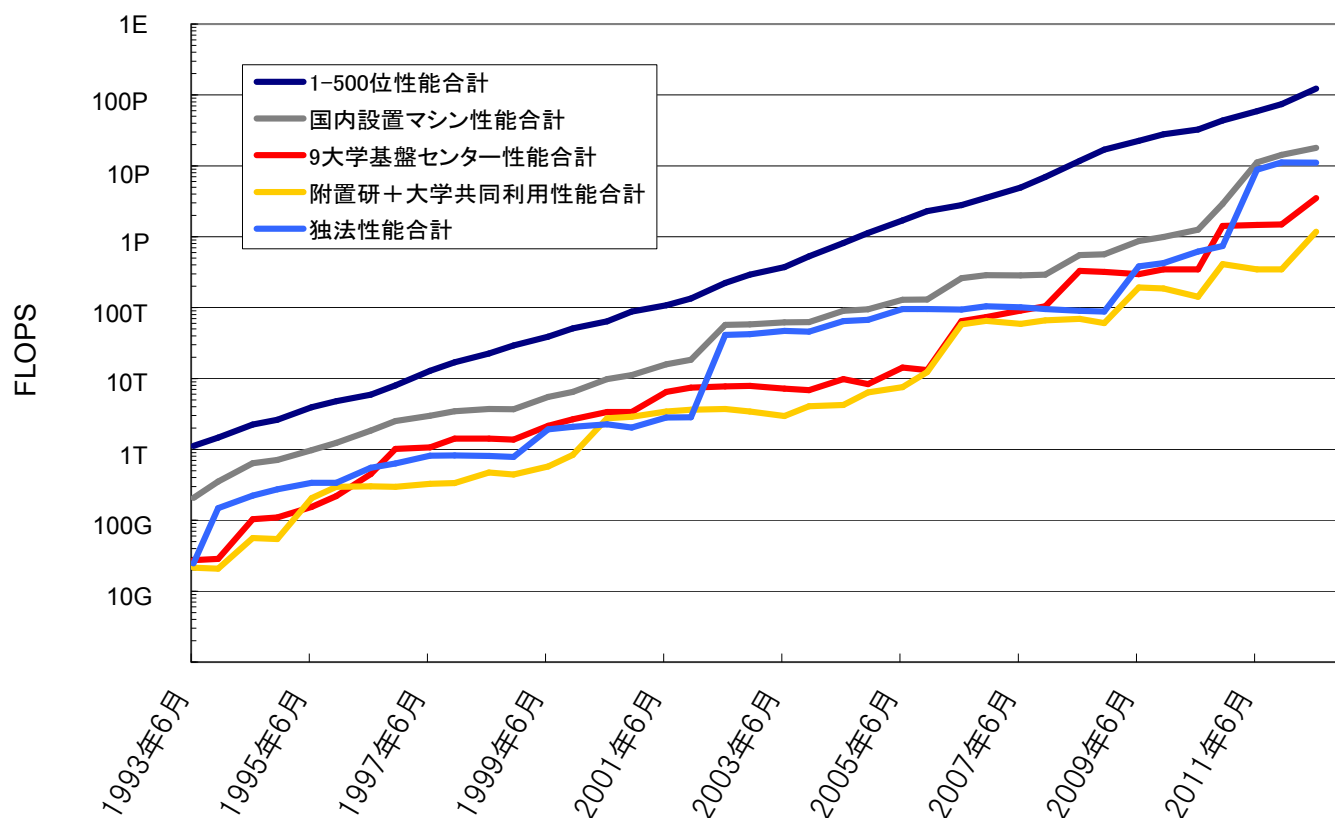


京一般利用	京若手人材育成利用	京産業利用(トライアルユース)	京産業利用(実証利用)	京産業利用(個別利用 非公開)	京+HPCI資源	京以外一般利用	京以外産業利用(実証利用)	HPCI共有ストレージ利用(共有型)	合計
105	58	2	22	5	33	27	4	3	259

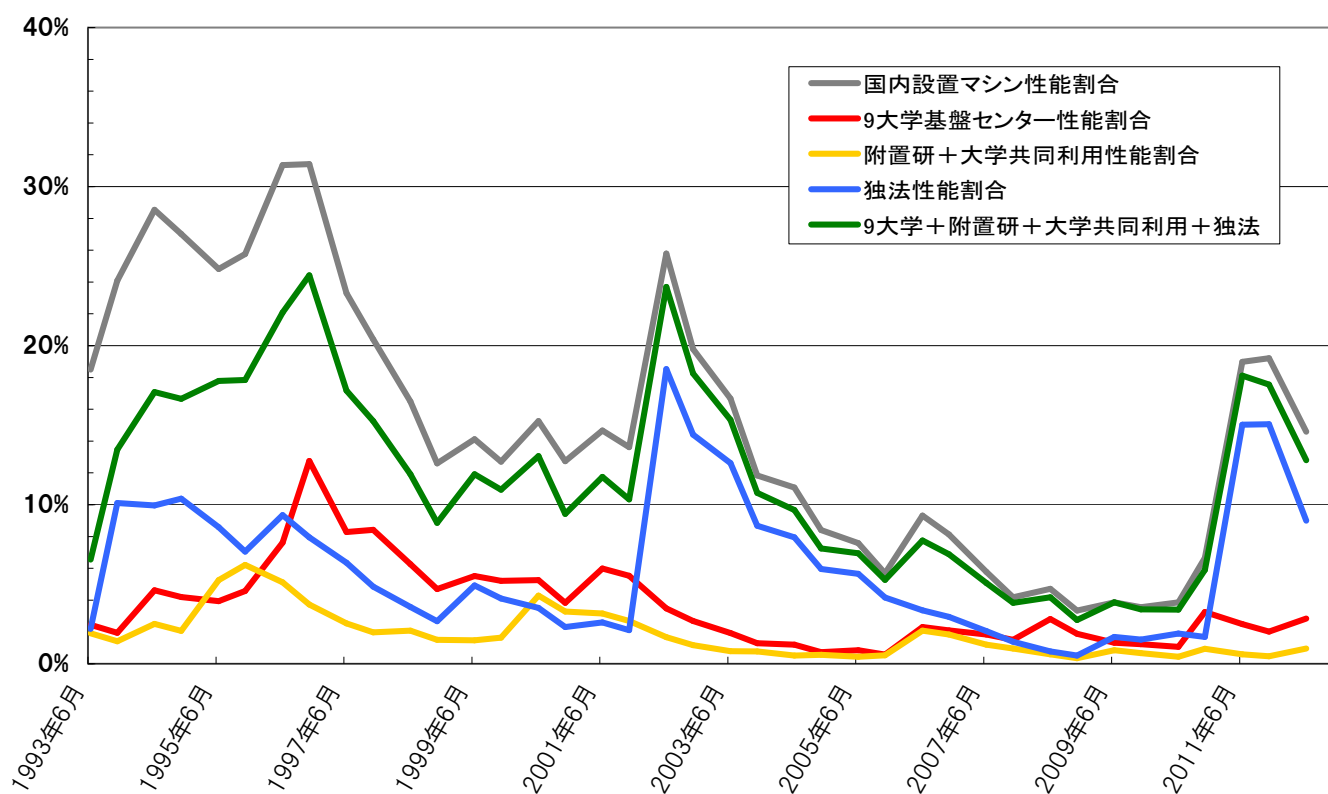
<「京」要求資源量>



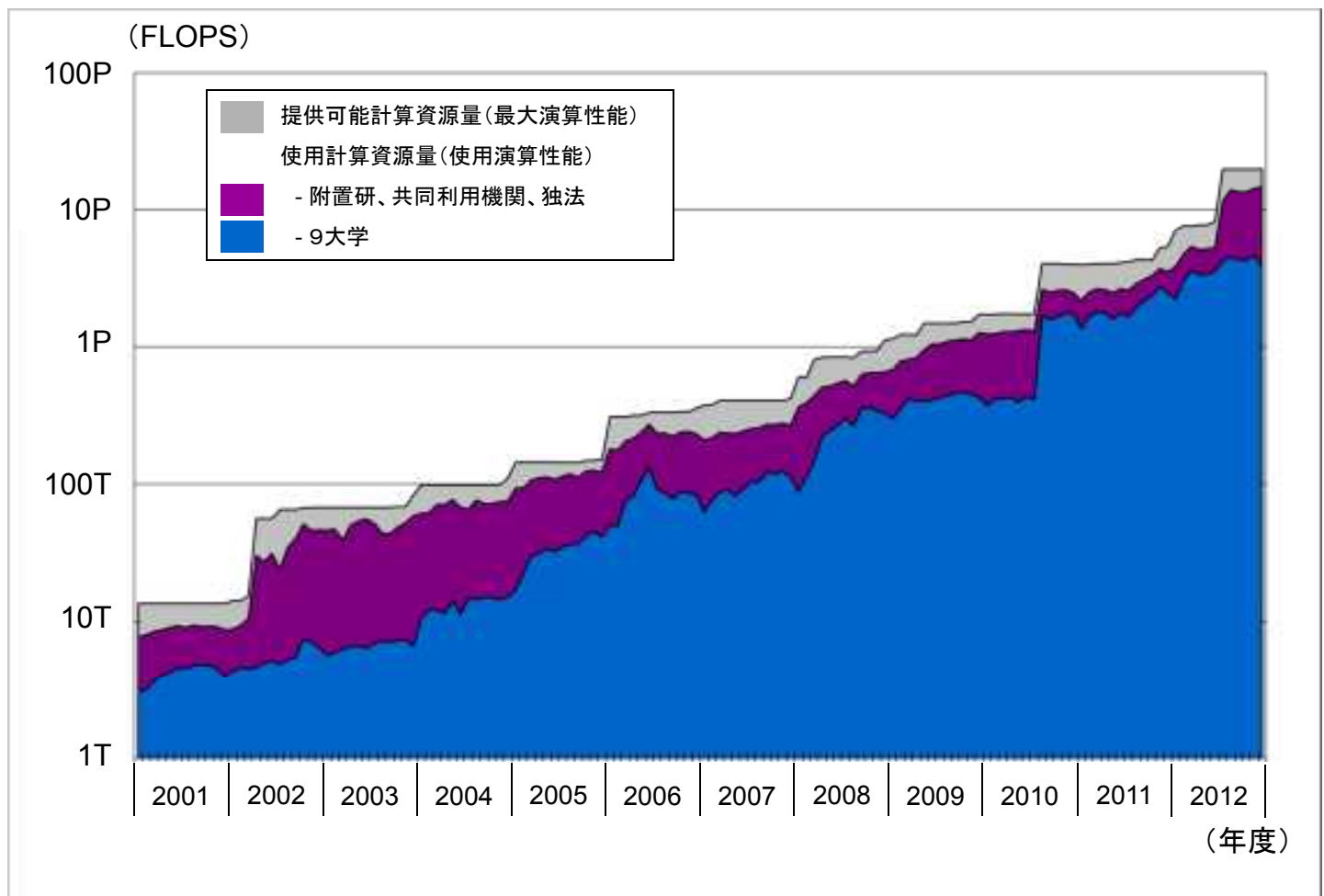
TOP500における国内マシンのLINPACK性能トレンド



TOP500の1-500位合計性能に対する国内マシン性能の割合(LINPACK性能)



9大学、附置研、共同利用機関、独法の計算資源量合計



3. HPCIの利用、課題選定

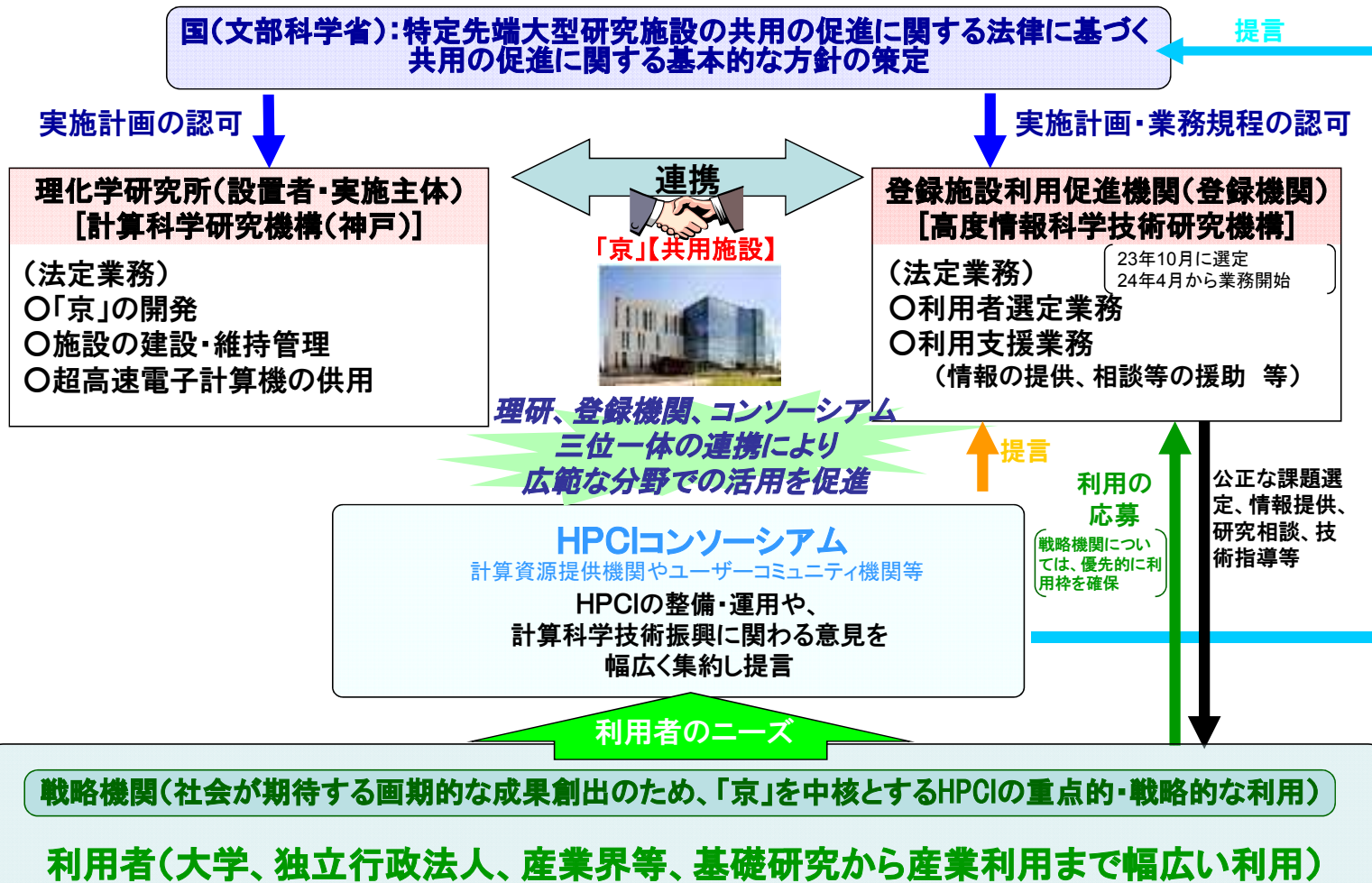
HPCI戦略プログラム戦略分野

「京」を中核とするHPCIを最大限活用し、①画期的な成果創出、②高度な計算科学技術環境を使いこなせる人材の創出、③最先端コンピューティング研究教育拠点の形成を目指し、戦略機関を中心に戦略分野の「研究開発」及び「計算科学技術推進体制の構築」を推進する。

<戦略分野>		<戦略機関>
分野1	予測する生命科学・医療および創薬基盤 ゲノム・タンパク質から細胞・臓器・全身にわたる生命現象を統合的に理解することにより、疾病メカニズムの解明と予測をおこなう。医療や創薬プロセスの高度化への寄与も期待される。	・理化学研究所
分野2	新物質・エネルギー創成 物質を原子・電子レベルから総合的に理解することにより、新機能性分子や電子デバイス、更には各種電池やバイオマスなどの新規エネルギーの開発を目指す。	・東大物性研(代表) ・分子研 ・東北大金材研
分野3	防災・減災に資する地球変動予測 高精度の気候変動シミュレーションにより地球温暖化に伴う影響予測や集中豪雨の予測を行う。また、地震・津波について、これらが建造物に与える被害をも考慮した予測を行う。	・海洋研究開発機構
分野4	次世代ものづくり 先端的要素技術の創成～組み合わせ最適化～丸ごとあるがまま性能評価・寿命予測というプロセス全体を、シミュレーション主導でシームレスに行う、新しいものづくりプロセスの開発を行う。	・東大生産研(代表) ・宇宙航空研究開発機構 ・日本原子力研究開発機構
分野5	物質と宇宙の起源と構造 物質の究極的微細構造から星・銀河の誕生と進化の全プロセスの解明まで、極微の素粒子から宇宙全体に至る基礎科学を融合し、物質と宇宙の起源と構造を統合的に理解する。	・筑波大(代表) ・高エネ研 ・国立天文台

※ スーパーコンピュータ「京」で、社会的・学術的に大きなブレイクスルーが期待できる分野を「戦略分野」(5分野)とする。
 ※ 各戦略分野の研究開発、分野振興等を牽引する機関を「戦略機関」とする。

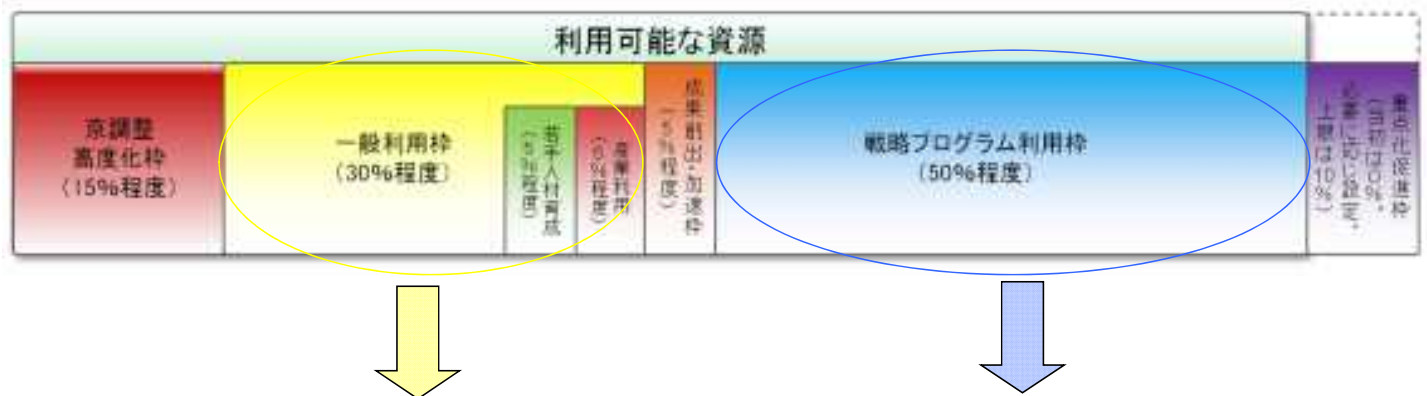
「京」の共用の枠組み



「京」の利用者選定について

＜京の利用枠＞

京の利用については公募に基づいて選定する一般利用枠と公募によらず重要なテーマ・課題を選定する戦略プログラム利用枠等がある。



＜一般利用枠＞

産業界を含め幅広い利用者を対象に公募し、申請のあった者の中から課題審査委員会の審査を経て利用者が選定される。

＜戦略プログラム利用枠＞

文部科学省が戦略的見地から配分内容を定め、登録機関によるプロセス審査を経て利用者が選定される。

※なお、利用料金については産業利用で成果非公開の場合 **有償** とする。
(1ペタフロップスを1時間使った場合約10万円)

産業利用の促進に向けた取り組み

- 「京」及びHPCIの産業界の利用は、我が国の産業競争力強化とともに、「京」等の成果を社会に還元する上でも重要。
- 一方で、「京」等の産業界の利用に当たって、様々な課題に適切に対応することにより、産業利用の促進を図っている。
- 平成24年5月から6月にかけて行った「京」の一般公募では、産業利用課題の応募は29件で要求資源量が4倍以上の競争率になるなど、産業界からも想定を上回る利用の申し込み。
- 平成25年度においても産業利用枠を含む追加公募を実施(平成25年度下半期分)するなど、産業利用促進に向けた取り組みを加速。

産業利用促進策

- 有効性が実証できる枠組み
 - ✓トライアル・ユース枠の設定 等
- 利用支援の強化
 - ✓情報の一元的提供
 - ✓利用者講習会の実施
 - ✓コンシェルジュ的相談窓口の設置
 - ✓ソフトウェア移植・チューニング支援 等
- 利用環境の整備
 - ✓SINET4への産業界からのスムーズな接続
 - ✓アクセスポイント(東西2カ所)の設置
 - ✓成果の帰属と知財権の明確化 等



「京」の技術支援



「京」の利用者講習会

「京」を利用している主な民間企業 (平成25年3月18日現在)

＜成果公開型(17件)＞

富士フイルム、ブリヂストン、トヨタ自動車、住友ゴム工業、武田薬品工業、住友化学、清水建設、竹中工務店、など

＜成果非公開型(5件)＞

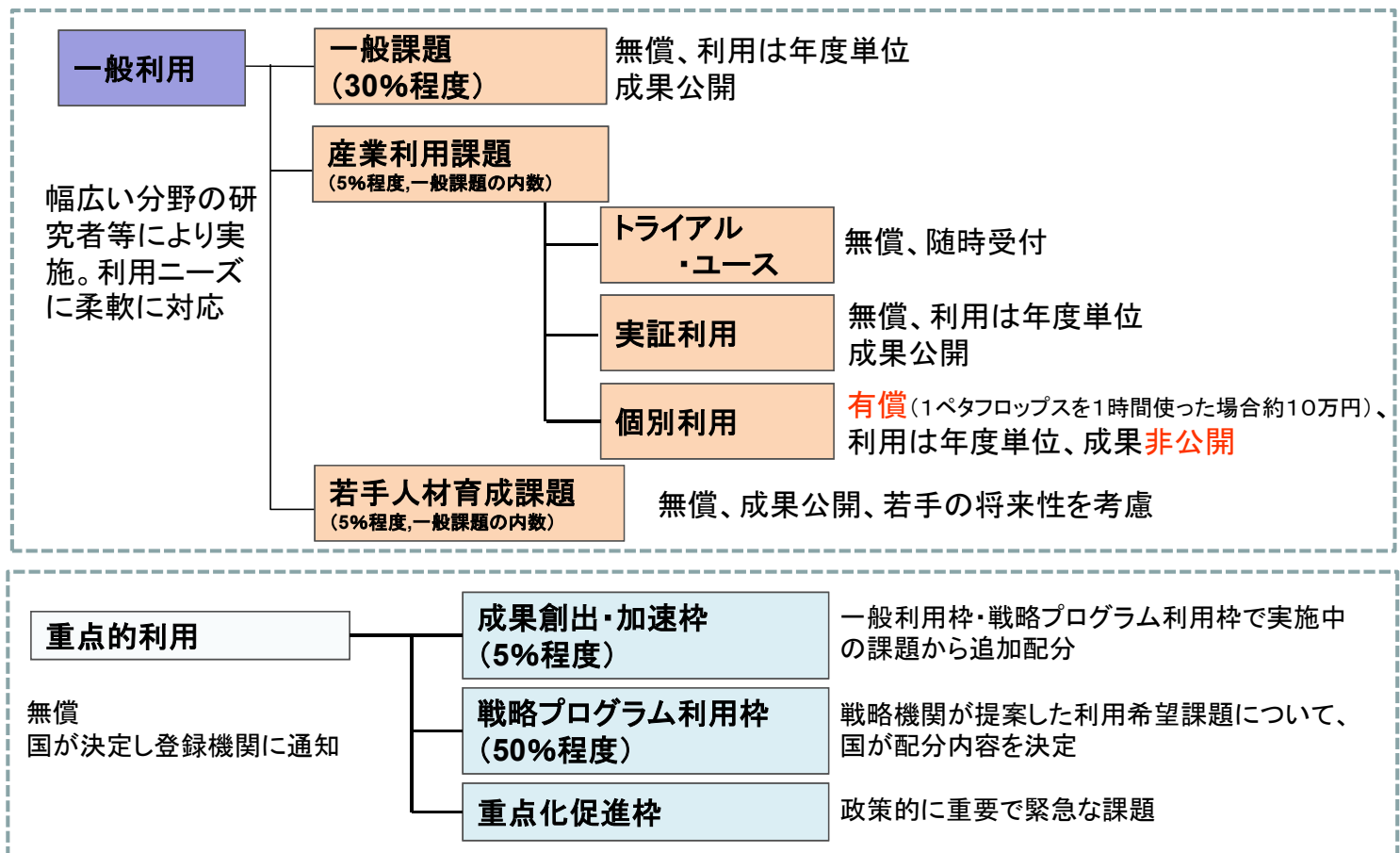
大日本住友製薬、第一三共、など

＜トライアル・ユース※(6件)＞

三ツ星ベルト、東洋ゴム工業、など

これまでに「京」を利用した企業は**総勢46企業**
※トライアル・ユースについては随時募集中

「京」における利用区分、利用料の基本的考え方



※海外の利用については、国際交流推進の観点から、利用することが可能。ただし、海外の企業に所属する者については、国内の法人に所属する者との共同申請とする。

「京」における課題選定について

<選定の枠組み>

- 利用者及び利用課題の選定に当たっては、「特定大型施設の共用に関する法律」に基づき、登録機関として選定された高度情報科学技術研究機構が中正公立な立場で利用者の選定を行う。
- 具体的には、登録機関の下におかれた選定委員会が選定方針の策定、利用者の選定等を行い、課題審査委員会が個別の課題の審査を行う。

<選定の基準>

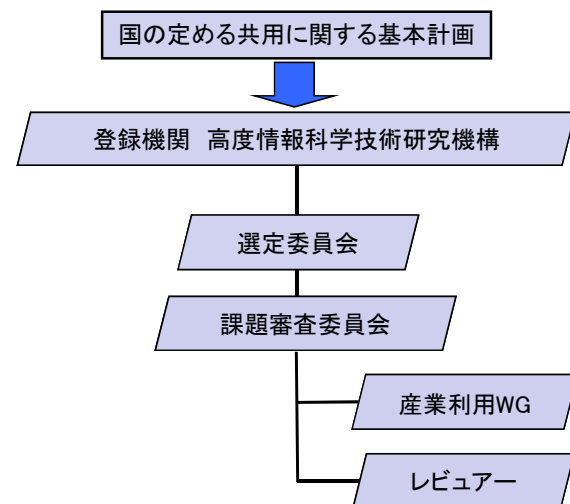
1. 科学的に卓越し、又は社会的に意義が高く、ブレークスルーが期待できる課題であること
2. 「京」が有する計算資源を必要としていること
3. ソフトウェアの効率性(並列性)、計算処理、データ収集、結果の解析手法等が十分に検証済みであるとともに、各種資源の利用計画や研究体制が妥当であること
4. 提案課題の実施及び成果の利用が平和目的に限定される等、科学技術基本法や社会通念等に照らして、当該利用研究課題の実施が妥当であること

(若手人材育成課題)

1. 将来の発展が期待できる優れた着想を持つ研究計画であること。(2. ～4. は上記同様)

(産業利用課題)

1. 自社内では実施できない解析規模や難易度の課題であること
2. 産業応用出口戦略が明確な課題であること
3. 産業利用の開拓に向けた波及効果(社会への貢献)が十分期待できる課題であること(4は上記同様)



課題選定の枠組み

登録機関における「京」に関する利用支援



HPCIの課題選定について

<選定の枠組み>

- 利用者及び利用課題の選定に当たっては、「京」の枠組みと連携しながら、一括した課題選定の一部として、委託事業により高度情報科学技術研究機構が中正公立な立場で課題選定を行う。
- 具体的には、登録機関の下におかれた選定委員会が選定方針の策定を行い、公募を実施。
- 公募された課題について、課題審査委員会が審査により課題を選定。
- 選定結果を選定委員会に報告。

<選定の基準>

■「京」以外のHPCI共用計算資源

1. 大規模、大容量計算に挑戦する計算課題であること
2. 将来的に「京」やそれに続く大規模の計算機利用につながり得る研究課題であること
3. 複数計算機資源を利用することが期待される研究過大であること

■産業利用課題

1. 自社内では実施できない解析規模や難易度の課題であること
2. 産業応用出口戦略が明確な課題であること
3. 産業利用の開拓に向けた波及効果(社会への貢献)が十分期待できる課題であること
4. 提案課題の実施及び成果の利用が平和目的に限定される等、科学技術基本法や社会通念等に照らして、当該利用研究課題の実施が妥当であること

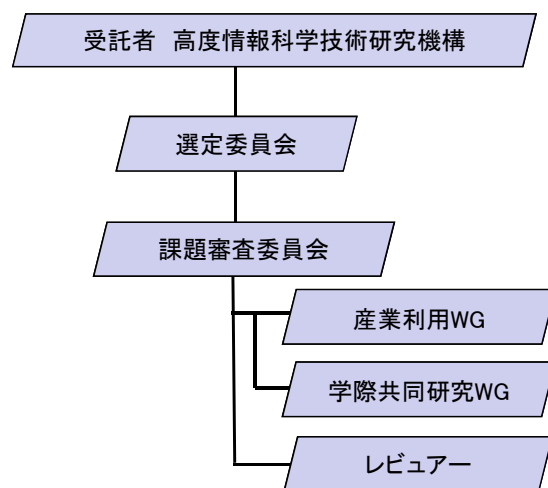
<対象となる計算資源>

■スーパーコンピュータ

北海道大学、東北大学、筑波大学、東京大学、東京工業大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、九州大学

■共用ストレージ

東拠点: 東京大学内、西拠点: 計算科学研究機構内



課題選定の枠組み

4. スパコンによる成果例

スーパーコンピュータ「京」の利用成果がゴードン・ベル賞を受賞 2011年

概要

理研、筑波大、東大、富士通のチームによる『「京」によるシリコン・ナノワイヤの第一原理計算』が、コンピュータシミュレーション分野で最高の賞であるゴードン・ベル賞の最高性能賞を受賞。日本人によるこの受賞は2004年以来7年ぶりの快挙。

(参考)ゴードン・ベル賞

米国計算機学会(ACM)が、毎年ハードウェアとアプリケーションの開発において最高の成果をあげた論文に付与する賞。毎年11月に開催される米国スーパーコンピュータ会議にて表彰式が行われる。このうち実行性能部門の最高性能賞は最も荣誉ある賞とされている。

研究内容

【背景】

○22nm以下の微細構造をもつ次世代半導体において、漏れ電流による消費電力の解決が課題。このため、シリコン・ナノワイヤが次世代半導体の材料として期待されているが、その実現には、ナノワイヤ内の原子・電子の解析が不可欠。

○しかし、このような微細材料での実験はできず、また、シミュレーションでは計算機の能力不足から、2,000原子程度(ごく一部分)までしか計算できなかった。

【「京」による成果】

○現実の材料サイズに近い10万原子規模のナノワイヤの電子状態の計算し、世界で初めてナノレベルの高精度シミュレーションを可能にした(3ペタフロップスでの計算)。(→従来のシステムでは30年以上かかる計算が、「京」により1週間で実施可能に)

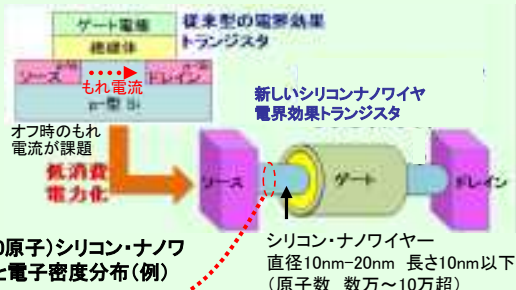
○また、約4万原子のナノワイヤの電子状態を断面の形状を変えて計算し、断面の形状による電子輸送特性の変化を初めて明らかにした。

【今後の展開】

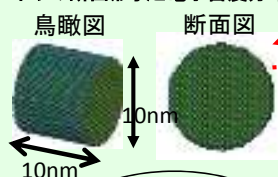
○22nm以下の微細構造を持つ次世代半導体の製造方法の確立

○高速・高機能、省エネルギーなどの特長をもつ新しいデバイスの設計に貢献

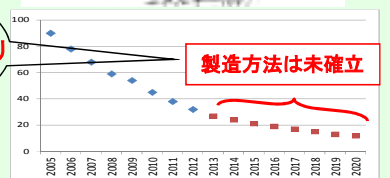
シリコン・ナノワイヤを用いた次世代半導体のイメージ



直径10nm(40,000原子)シリコン・ナノワイヤの断面形状と電子密度分布(例)



「京」によるシミュレーションにより実用化に貢献



CPU微細加工技術の予測
(国際半導体技術ロードマップ2010年版より)

スーパーコンピュータ「京」の利用成果がゴードン・ベル賞を受賞 2012年

概要

筑波大、理研、東工大の研究グループによる『約2兆個のダークマター粒子の宇宙初期における重力進化の計算』が、コンピュータシミュレーション分野での最高の賞であるゴードン・ベル賞を受賞。日本のグループによるゴードン・ベル賞受賞は2年連続で、今回は筑波大グループの単独受賞。

(参考)ゴードン・ベル賞

米国計算機学会(ACM)が、毎年ハードウェアとアプリケーションの開発において最高の成果をあげた論文に付与する賞。毎年11月に開催される米国スーパーコンピュータ会議(SC)にて表彰式が行われる。

研究内容

【背景】

○宇宙の形成過程を明らかにするには、ダークマターの重力進化の解明が不可欠。(ダークマターとは:宇宙全体の物質エネルギーのうち約2割を占め重力相互作用だけが働く物質であり、素粒子としての正体は解明されていない)

○しかし、1兆個以上におよぶダークマター粒子のシミュレーションは計算機の能力が足らず、実施できなかった。(現在は筑波大グループの他、米国・アルゴンヌ研グループも実施中)

【「京」による成果】

○世界最大規模である数兆個におよぶダークマター粒子の重力進化を、実用的な時間内にシミュレーションすることを可能とした(5.67ペタフロップスでの計算)。(→パソコン1台で数百年かかる計算が、「京」により3日で実現)

○宇宙初期(約137億年前の宇宙誕生から約200万年後～約1億年後)のダークマターの密度分布を計算(右図参照)

○筑波大グループのアプリケーションは、アルゴンヌ研グループの6倍程効率が良く、アプリケーション開発でも世界をリードしていることが示された。

【今後の展開】

○星や銀河の形成など、宇宙の構造形成過程に関する科学的成果の創出が期待される。

○より微細なダークマター構造を解明でき、ダークマター粒子の探索、正体解明に貢献。

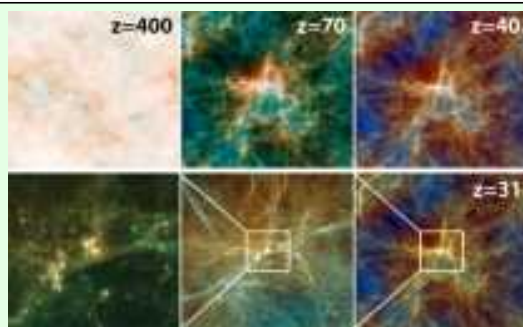


図:宇宙初期のダークマター密度分布

明るさはダークマターの空間密度を表し、明るいところは密度が高い。また、zは赤方偏移の量を表しており、数値が大きいくほど過去を見ている(天文学では時間や距離の尺度として用いられる)。

【上段左】宇宙誕生時はほぼ一様。z=400は宇宙誕生から約200万年後であり、1辺約5光年。

【上段中】時間の経過につれて重力により集まり、大きな構造が形成される。

【下段】下段右は、誕生から約1億年後の宇宙の姿(約136億年前、1辺約65光年)。中心部を拡大したものが下段中、更に拡大したものが下段左。(zは全て31)

スーパーコンピュータによって期待される成果の例（１）

心疾患のマルチスケール・マルチフィジックスシミュレーション（研究代表者：東京大学・久田俊明）



心臓シミュレーション

細胞・組織・臓器を部分ではなく、**心臓全体をありのままに再現**し、心臓病の治療法の検討や薬の効果の評価に貢献

創薬応用シミュレーション

（研究代表者：東京大学・藤谷秀章）



薬候補のタンパク質への高精度結合シミュレーション

新薬の候補物質を絞り込む**期間を半減（約2年から約1年）**して画期的な新薬の開発に貢献

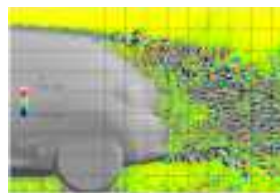
地震・津波の予測精度の高度化に関する研究（研究代表者：東京大学・古村孝志、東北大学・今村文彦）



シミュレーションによる地震・津波の被害予測

50m単位（ブロック単位）での予測から地盤沈下や液状化現象等の影響も加味した**10m単位（家単位）の詳細な予測**を可能とし、都市整備計画への活用による**災害に強い街作りやきめ細かな避難計画の策定等**に貢献

乱流の直接計算に基づく次世代流体設計システムの研究開発（研究代表者：東京大学・加藤千幸）

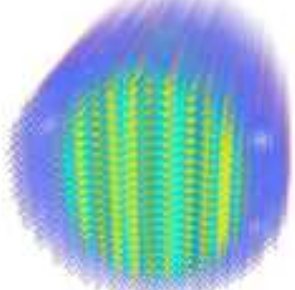


車両挙動を解明する全乱流渦のシミュレーション

乱流の直接計算を工業製品の熱流体設計に適用することにより、従来行われていた**風洞実験などを完全にシミュレーションで代替**し、設計の効率化に貢献

スーパーコンピュータによって期待される成果の例（２）

シリコンナノワイヤーのシミュレーション（研究代表者：東京大学・押山淳、岩田潤一）

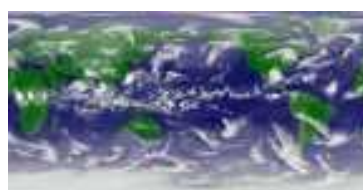


シリコンナノワイヤー内の電流の通り道の解析

ナノレベルの精密シミュレーションにより、**低消費電力トランジスタなどの新しいデバイスや高効率な電池材料などの機能性材料の開発等**に貢献

地球規模の気候・環境変動予測

（研究代表者：JAMSTEC・時岡達志、東京大学・木本昌秀、佐藤正樹）



全球雲解像モデルNICAMによるシミュレーション

世界初の雲まで解像できる高解像度の大気モデルを用いて、熱帯の巨大積雲群の東進を予測。**2週間以上先の天気予報の可能性を切り開く**

超新星爆発およびブラックホール誕生過程の解明（研究代表者：京都大学・柴田大）



超新星爆発の3次元シミュレーション

高精度な一般相対論的流体計算及びニュートリノ輻射輸送計算で、従来再現に成功していない**重力崩壊型超新星爆発及びブラックホール誕生過程を解析、評価**する。

船体まわりの流れのシミュレーション

（研究代表者：東京大学・加藤千幸）



プロペラ回転や波の影響も考慮した、300億格子規模の超大規模実用計算

（財団法人 日本造船技術センター 提供）

マイクロオーダーの渦まで再現することにより、予測精度を飛躍的に向上させ、**実験を完全にシミュレーションで代替**し、開発コスト・開発期間を大幅に削減することを目指す。