

フラッグシップ2020プロジェクト (ポスト「京」の開発)について

平成26年10月10日

文部科学省 研究振興局

参事官(情報担当)付 計算科学技術推進室

ポスト「京」の開発（フラッグシップ2020プロジェクト）

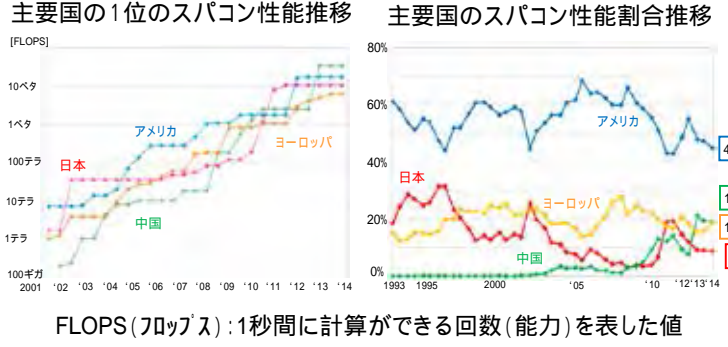
平成27年度要求・要望額 : 4,724百万円
 うち優先課題推進枠要望額 : 1,868百万円
 （平成26年度予算額 : 1,206百万円）

背景

最先端のスーパーコンピュータは、科学技術の振興、産業競争力の強化、国民生活の安全・安心の確保等に不可欠な「国家基幹技術」であり、各国がその開発競争にしのぎを削っている。

- : <現状>世界の計算性能の約半分 <今後> 2017年以降、数百ペタFLOPSのスパコンを複数整備
- : <現状>日本を超える総計算能力 <今後> 2017年以降、百ペタFLOPSのスパコンを整備
- : <現状>最新ランキングで1位獲得 <今後> 2015年以降、百ペタFLOPSのスパコンを複数整備

我が国としても、諸外国に対して競争力のあるフラッグシップシステム（世界トップレベルの性能を有し、幅広い分野をカバーするシステム）の開発を進める必要がある。

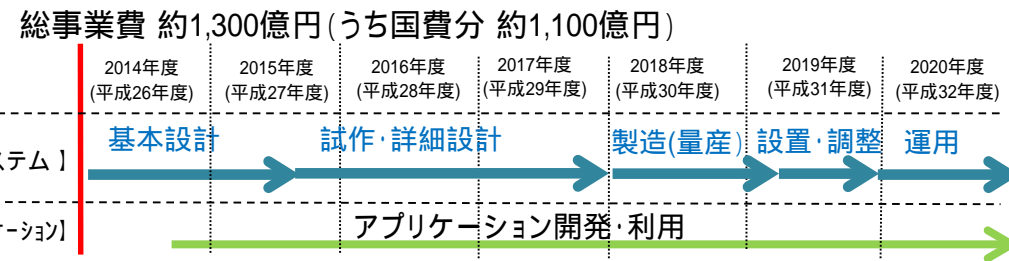


概要 ~ 利用者サイドに立った開発の推進 ~

システムとアプリケーションを協調的に開発 (Co-design) し、我が国が直面する社会的・科学的課題の解決に貢献できるシステムを構築。
2020年までに世界トップレベルで幅広い課題に対応できる汎用のシステムを実現し、エクサスケールを目指す。

成果をアウトカムにつなげるため、例えば、医療分野では臨床の関係者を巻き込むなど、分野や組織の枠を超えた共創体制を構築。
 規格化を図ることにより利用者の利便性が高まるシステムソフトウェアは米国と協力しながら開発するなど、国際協力を戦略的に活用。

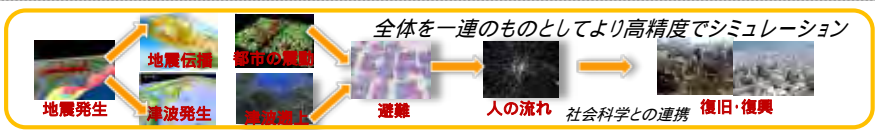
理化学研究所が主体となってシステムを開発。
 ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題については、公募で決定する代表機関を中心にして、世界を先導する成果の創出が期待されるアプリケーションの開発に着手。



ポスト「京」の成果として想定される事例

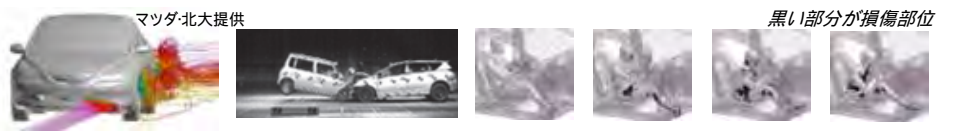
<防災・減災対策>
 地震・津波による複合災害について、震源や地下構造の不確定さを考慮した予測システムを構築し、自治体等の防災・減災計画に活用。
 都市全体を対象とした避難や道路・鉄道交通網のシミュレーションを含む統合的予測により、国土強靱化に貢献。

多数の地震シナリオを用いたシミュレーションにおいて、「京」で数年かかる計算を数十日に短縮。



<ものづくり(自動車開発)>
 車のコンセプトから構造・機能・性能設計にいたる主要な設計フェーズを統合的に扱い、開発期間短縮・コスト低減・品質向上に貢献。
 膨大な実験・観測データを活用し、実際の走行環境に基づく性能評価シミュレーションを実現することで、車両の安全性・快適性を飛躍的に向上。

試作実験を再現する高精度シミュレーションにおいて、「京」で数日かかる計算を数時間に短縮。



蛇行走行時の高速走行安定性解析

3b-5. Toshio Kobayashi(plenary talk), Makoto Tsubokura, Shinichi Takayama: Aerodynamics and Crash Simulations in the Automobile Industry. The 11th Asian Symposium on Visualization (2011.6.5-9, Niigata,japan)(2011)

昨年度の主な御指摘事項

ターゲットアプリケーションおよび開発目標等の設定について

システム構成および工程表の具体化について

Co-design に基づく開発の推進体制について

共用後の広汎な利活用の促進

人材育成の取組

その他

これまでの検討経緯

将来のHPCIシステムのあり方の調査研究（～平成26年3月）

国家存立の基礎である世界最高水準のハイパフォーマンス・コンピューティング技術を発展させ、我が国の国際競争力の強化、社会の安全・安心の確保等をはかるため、ハードウェアの技術動向調査、システム設計研究のほか、我が国の社会的・科学的課題の抽出、システムを評価するアプリの抽出等を行い、将来のHPCIシステムの開発に必要な技術的知見を獲得する。

アプリチーム（理化学研究所 他）

- ・システム評価手法の開発
- ・10年後を見据えた社会的・科学的課題の抽出
- ・社会的・科学的課題の解決に向けたサイエンスロードマップの策定
- ・評価用アプリの抽出

システム設計研究チーム（東京大・筑波大・東北大 他）

- ・各提案システムで解決を目指す社会的・科学的課題及びそのためのターゲットアプリの設定
 - ・システム概念設計 ・研究開発課題の抽出 ・コスト見積り
 - ・要素技術に係わる試験研究 ・評価用アプリを用いたシステム評価
- 演算加速部について、「有効活用できる課題に限界がある」および「開発・製造経費が多額である」との技術評価。

ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題についての検討委員会（平成26年4月～8月）

ポスト「京」で重点的に取り組む社会的・科学的課題（重点課題）や課題解決による早期の成果創出に向けた研究開発体制等を検討。

創薬、防災・環境、エネルギー、ものづくり、宇宙など9つの重点課題を選定。

HPCI計画推進委員会 次期フラッグシップシステムに係るシステム検討WG（平成26年6月～）

要求されるシステム性能やシステム構成の詳細を検討。
基本的なシステム構成及び性能について中間的に評価。

社会的・科学的課題の解決に貢献できるシステムを実現する、との基本方針は妥当
重点課題が幅広い分野にわたることから、2020年までに、世界トップレベルで多くの課題に対応できる汎用のシステムを、国際競争力のあるシステムとして実現し、エクサスケールを目指す、との方向性は現時点で妥当

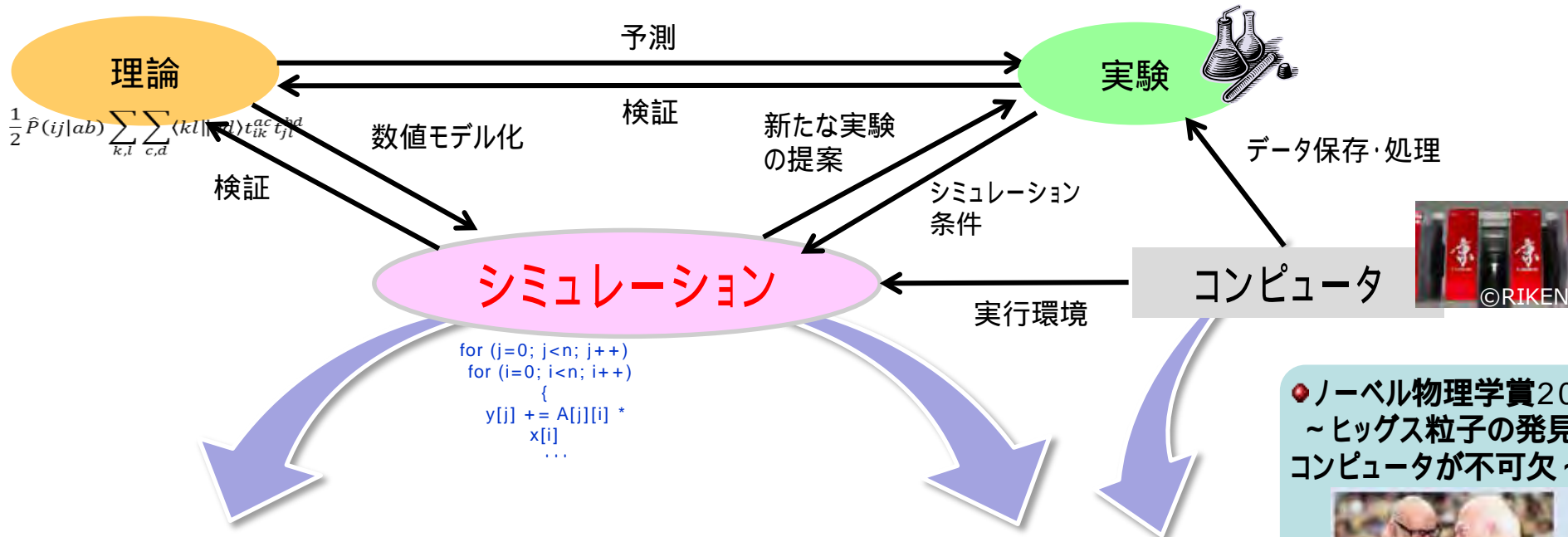
目次

- 1 . 国として取り組む意義・必要性
- 2 . ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題
- 3 . ポスト「京」のシステム
- 4 . 開発体制、スケジュール、総事業費
- 5 . プロジェクトの開発目標
- 6 . 知的財産に関する方針、人材育成、広報活動

- 1 . 国として取り組む意義・必要性
- 2 . ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題
- 3 . ポスト「京」のシステム
- 4 . 開発体制、スケジュール、総事業費
- 5 . プロジェクトの開発目標
- 6 . 知的財産に関する方針、人材育成、広報活動

シミュレーションによる画期的な成果

- ・シミュレーションは理論、実験と並ぶ**第3の科学的手法**である。
- ・コンピュータとそれを利用したシミュレーションにより、画期的な成果が生み出されている。



創薬とコンピュータ

- がん治療薬であるメシル酸イマチニブ（商品名：Gleevec）の設計開発にコンピュータが活用

イマチニブは慢性骨髄性白血病治療薬として2001年5月にアメリカで認可され、日本では2001年11月に輸入承認を受け、臨床現場で使用されている。メシル酸イマチニブの開発者らは2012年日本国際賞を受賞。



出典：TIME誌
(2001年5月28日発行)

2013年のノーベル賞とコンピュータ

- ノーベル化学賞2013
～計算科学分野で受賞～

タンパク質のような巨大な分子の化学反応をコンピュータを使って効率よく計算する手法を開発した三氏が受賞。この手法により、生体内で起こる様々な現象をコンピュータ上で再現することに道を開いた。



- ノーベル物理学賞2013
～ヒッグス粒子の発見にはコンピュータが不可欠～



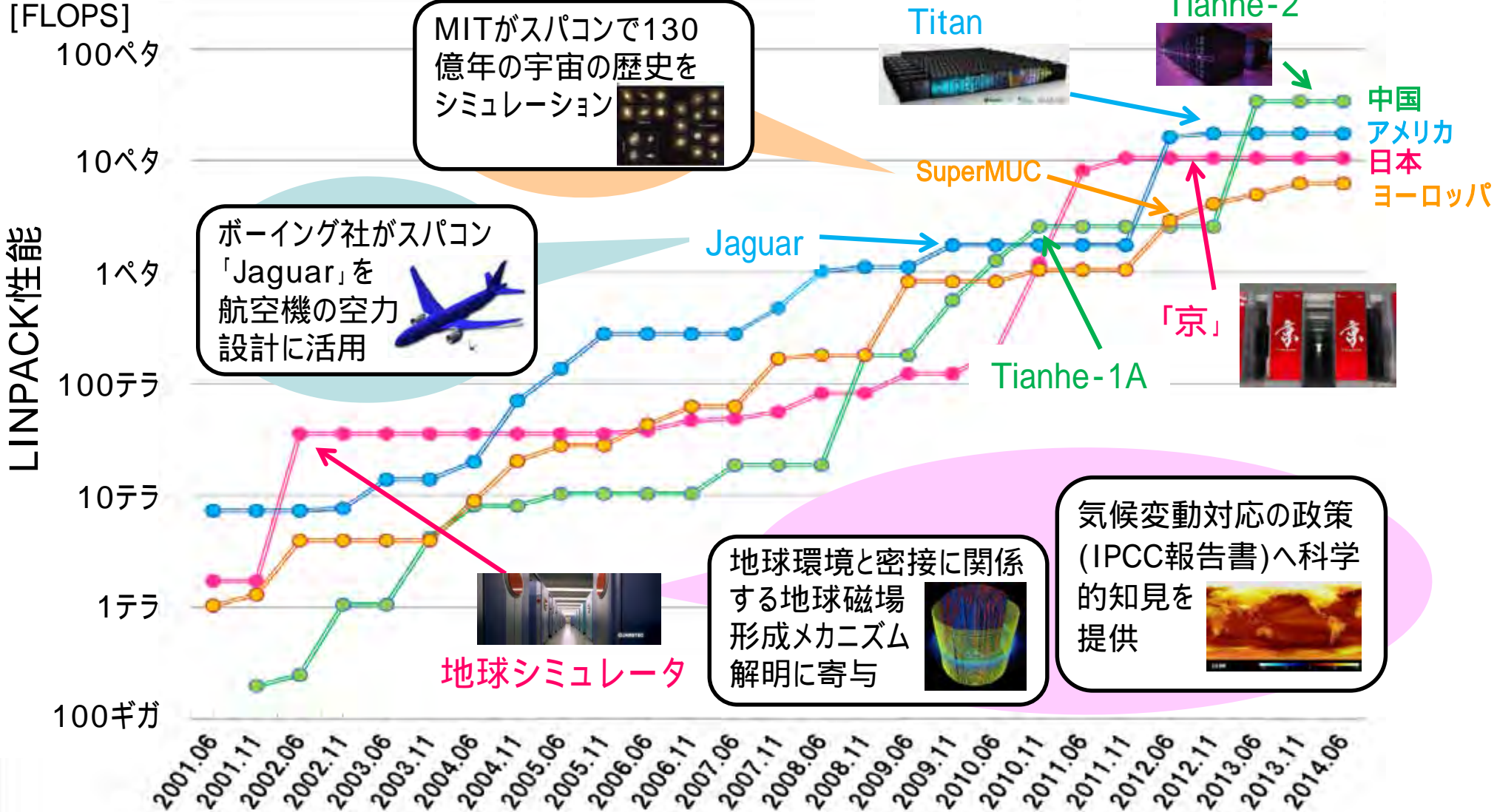
Peter Higgs (right) and François Englert (left)

物質に質量を与える「ヒッグス粒子」の存在を50年前に予言した二氏が受賞。その存在を確かめた実験は、解析に膨大な計算量を要求するものであり、コンピュータの助けが不可欠。

スパコンによる画期的な成果

世界最先端のスパコンにより、これまでも画期的な成果が創出されてきた。

< 世界第1位のスパコン性能推移 >



スパコン開発の国際動向

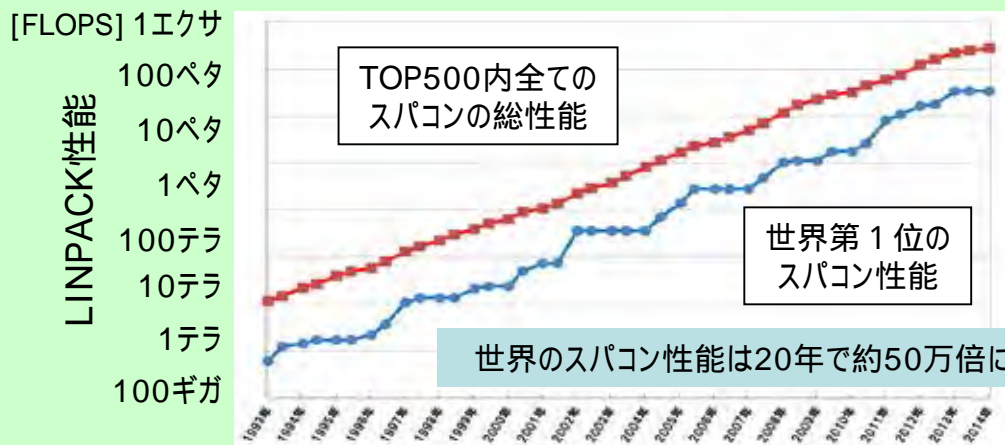
最先端のスパコン開発には各国がしのぎを削っている。

< Top500ランキングの推移 (2014年) >

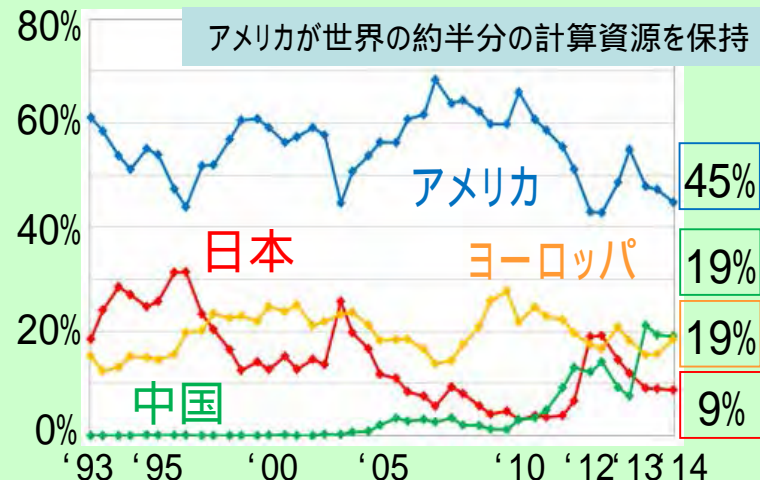
順位	2000年		2001年		2002年		2003年		2004年		2005年		2006年		2007年		2008年		2009年		2010年		2011年		2012年		2013年		2014年		
	6月	11月	6月	11月	6月	11月	6月	11月	6月	11月	6月	11月	6月	11月	6月	11月	6月	11月	6月	11月	6月	11月	6月	11月	6月	11月	6月	11月	6月		
1	SNL	LLNL	LLNL	LLNL	JAMSTEC	JAMSTEC	JAMSTEC	JAMSTEC	JAMSTEC	IBM/DOE	LLNL	LLNL	LLNL	LLNL	LLNL	LLNL	LANL	LANL	LANL	ORNL	ORNL	NUDT(天河1号)	理研(京)	理研(京)	LLNL(Sequoia)	ORNL(Titan)	NUDT(天河2号)	NUDT(天河2号)	NUDT(天河2号)	NUDT(天河2号)	
2	LLNL	SNL	NERSC	Pittsburgh Supercomputing Center	LLNL	LANL	LANL	LANL	LLNL	NAS	IBM	IBM	IBM	IBM	NNSA/Sandia	Oak Ridge National Laboratory	Forschungszentrum Juelich	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	LANL	NCSA	ORNL	NUDT(天河1A号)	NUDT(天河1A号)	理研(京)	LLNL(Sequoia)	ORNL(Titan)	ORNL(Titan)	ORNL(Titan)	ORNL(Titan)	
3	LANL	LLNL	SNL	NERSC	Pittsburgh Supercomputing Commission	LANL	LLNL	Virginia Tech	LANL	JAMSTEC	NAS	LLNL	LLNL	LLNL	Thomas J. Watson	Thomas J. Watson	Thomas J. Watson	NNSA/Sandia	Oak Ridge National Laboratory	Forschungszentrum Juelich	Univ. of Tennessee	LANL	NCSA	ORNL	ORNL	理研(京)	LLNL(Sequoia)	LLNL(Sequoia)	LLNL(Sequoia)	LLNL(Sequoia)	
4	Naval Oceanographic	LLNL	LLNL	SNL	NERSC	NERSC	NCSA	IBM Rochester	IBM Rochester	JAMSTEC	NAS	NAS	NAS	NAS	Commissariat a l'Energie Atomique	Commissariat a l'Energie Atomique	Commissariat a l'Energie Atomique	Commissariat a l'Energie Atomique	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	
5	Rechenzentrum	LLNL	LLNL	SNL	NERSC	NERSC	NCSA	IBM Rochester	IBM Rochester	JAMSTEC	NAS	NAS	NAS	NAS	Commissariat a l'Energie Atomique	Commissariat a l'Energie Atomique	Commissariat a l'Energie Atomique	Commissariat a l'Energie Atomique	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	Univ. of Tennessee	
6	KEK	NOAA R&D	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	ECMWF	LLNL	LLNL	LANL	LANL	ECMWF	LLNL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL
7	Government Research	NOAA R&D	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	ECMWF	LLNL	LLNL	LANL	LANL	ECMWF	LLNL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL	LANL
8	US Army HPC Research	UCSD	阪大	LANL	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge National Laboratory
9	日本	米国	欧州	中国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国
10	日本	米国	欧州	中国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	米国	

TOP500 : スパコンの演算性能を評価する国際的なランキング

< 主要国のスパコン性能推移 >



< 主要国のスパコン性能割合推移 >



国として取り組む意義・必要性

～ 最先端スパコンは世界との勝負を制する国家基幹技術 ～

少子高齢化やエネルギー・環境問題、産業の国際競争激化、巨大な自然災害等の国家的な課題に世界各国が直面する中で、**最先端スパコンによる課題解決が国家の競争力を左右する時代**。(ポスト「京」の経済波及効果は総額 **5.7兆円** (三菱総研報告書 (H25.8)))

世界各国が最先端スパコンを継続的に開発する中、2020年～2022年頃を目指してエクサスケールスパコンを開発する**米国や中国に先んじて我が国が開発するため、着実に開発を進める必要がある。**

世界に先駆けて成果を創出するため、我が国としても、諸外国に対して競争力のあるフラッグシップシステム(我が国が直面する社会的・科学的課題を解決するため、世界トップレベルの高い計算性能を持ち、多くの分野のアプリケーションが高い実効性能で利用できるシステム)の開発を進める必要がある。

「京」の実績・成果

世界に先駆けてLINPACK性能¹で10ペタフロップス²を達成。

➤ 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」は、実用面で優れた性能を有しており、国際的にも高い評価。

➤ アプリケーションの実性能と計算科学の成果を示す「ゴードンベル賞」を2年連続受賞。

➤ 実用に近い総合的な性能を評価する「HPCチャレンジ賞」を3年連続受賞。

➤ ビックデータの解析性能を評価するランキング「Graph500」で1位を獲得。(平成26年6月)

「京」の開発により、これまで不可能だったシミュレーションで国際的にも評価されるインパクトある研究成果が創出。

(例) 超新星爆発のシミュレーション、詳細な積乱雲の気象シミュレーション等

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

2 10ペタフロップス：一秒間に1京回 (=10,000兆回 = 10^{16} 回) の計算ができる性能



自主開発の意義・必要性

ポスト「京」は、我が国将来のためにオールジャパン体制で自主開発に挑戦すべき“国家基幹技術”

～ オールジャパン体制の自主開発で世界に先駆けて成果を創出 ～

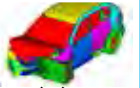
最高の成果を最速で創出

「京」で培った世界最高水準の技術・人材を用いた自主開発により、ハードの中身をブラックボックス化させず、ハードとアプリを一体的に開発（Co-design）することで、最高の成果を最速で創出できる。

海外からのマシン導入では最先端のCPUは得られず、他国に比べて成果創出は少なくとも3～4年遅れる。1分1秒を争う産業界や明日起こるかもしれない災害対策では、この遅れは致命的。（例えば、4年間で創薬分野では1つの薬で4兆円規模、自動分野では1車種で2.5兆円規模の売上げの機会損失を招くおそれ。）



副作用の少ない
画期的な新薬開発



革新的なデザインの
自動車設計

高い技術波及効果

最先端スパコンはIT技術の結晶（ ）であり、自主開発によりこれらの技術の波及効果（スピノフ）が得られるとともに、IT分野の海外展開に貢献できる。

（ ）高性能・省電力なCPU設計技術、ネットワーク技術、ソフトウェア技術 など



デジタル家電へのスピノフ

商用機の国内外展開



また、世界最先端IT国家創造宣言（平成26年6月閣議決定）に位置付けられた技術（ ）への波及効果も期待できる。（ ）超高速ネットワーク伝送技術、認識技術、データの加工・分析技術、ソフトウェアの開発技術 など

ビッグデータやクラウドなど、経済社会分野で切り札となる技術を使いこなせる人材を我が国企業に広めることに貢献できる。

技術立国ニッポンのDNAの継承

世界最高水準のCPU開発技術は、日本と米国のみが有する我が国の基幹技術。
高い技術を持つ人材による成果の出せるスパコン開発は、日本のお家芸。



「京」は自主開発CPUを
8万個以上使用

一度自主開発から手を引けば、蓄積した技術や人材は消滅。これにより、IT産業の競争力を徹底的に失うとともに、IT社会における危機管理能力や技術・経済動向への対応力が低下。技術立国ニッポンのDNAを失うと、取り戻すことは困難。