

# スーパーコンピュータの 戦略的開発・利用について

平成26年8月23日  
文部科学省 研究振興局 参事官(情報担当)  
鈴木 敏之

# 本日お話しする内容

---

- I. スーパーコンピュータについて
- II. 国際的な状況について
- III. 我が国における現在の取組み
- IV. ポスト「京」の開発について

# 1. スーパーコンピュータについて

# 最先端の科学技術には スーパーコンピュータによるシミュレーションが不可欠

## ◆科学技術の3つの方法

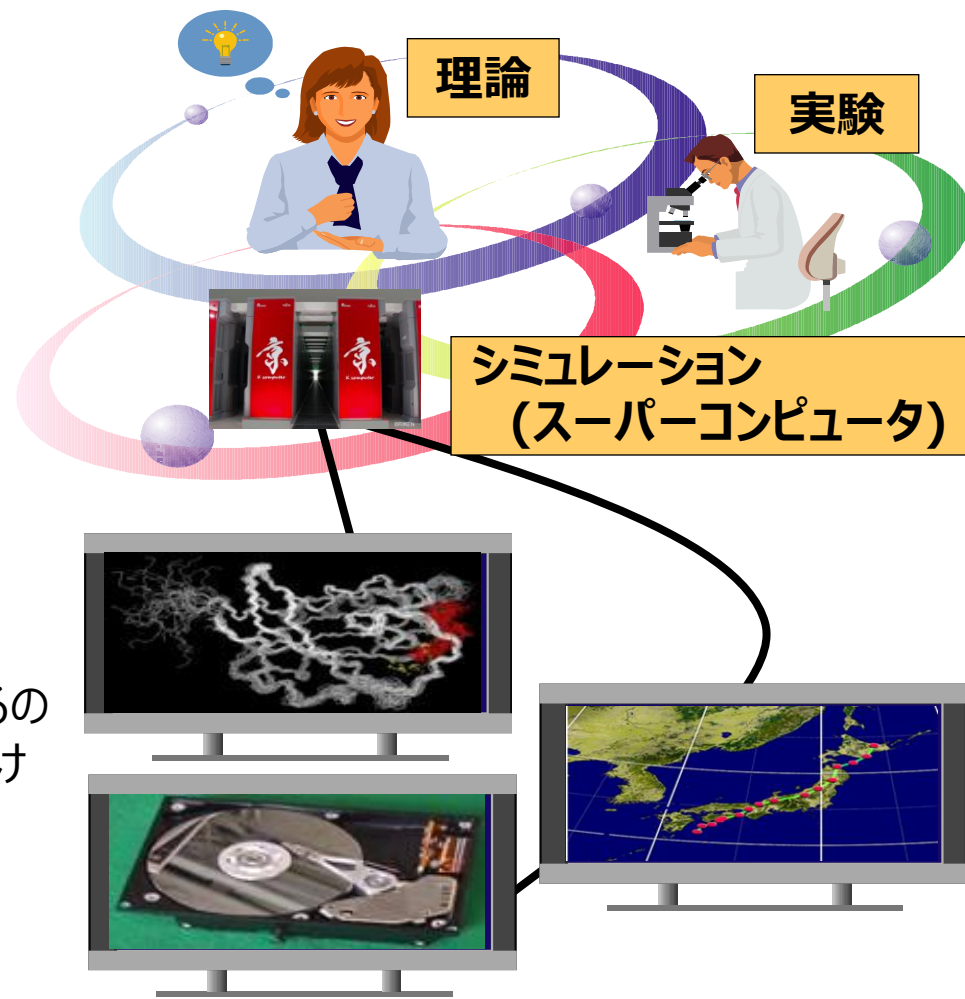
シミュレーションは、理論、実験と並ぶ、第3の科学技術の方法

- ・実験が困難な現象の解明や実験に時間がかかりすぎる場合、スーパーコンピュータを用いて仮想的に実験
- ・スパコンを用いたシミュレーションの規模や対象分野は、スパコンの能力や計算手法の向上、計測機器の高度化などにより、絶えず拡大

## ◆高性能計算機(スパコン)とシミュレーション

先端科学技術の実験に高度な実験装置が必要であるのと同様、より高精度なシミュレーションにより、世界に先駆けて結果を出すためには、世界最高性能のスパコンが必要

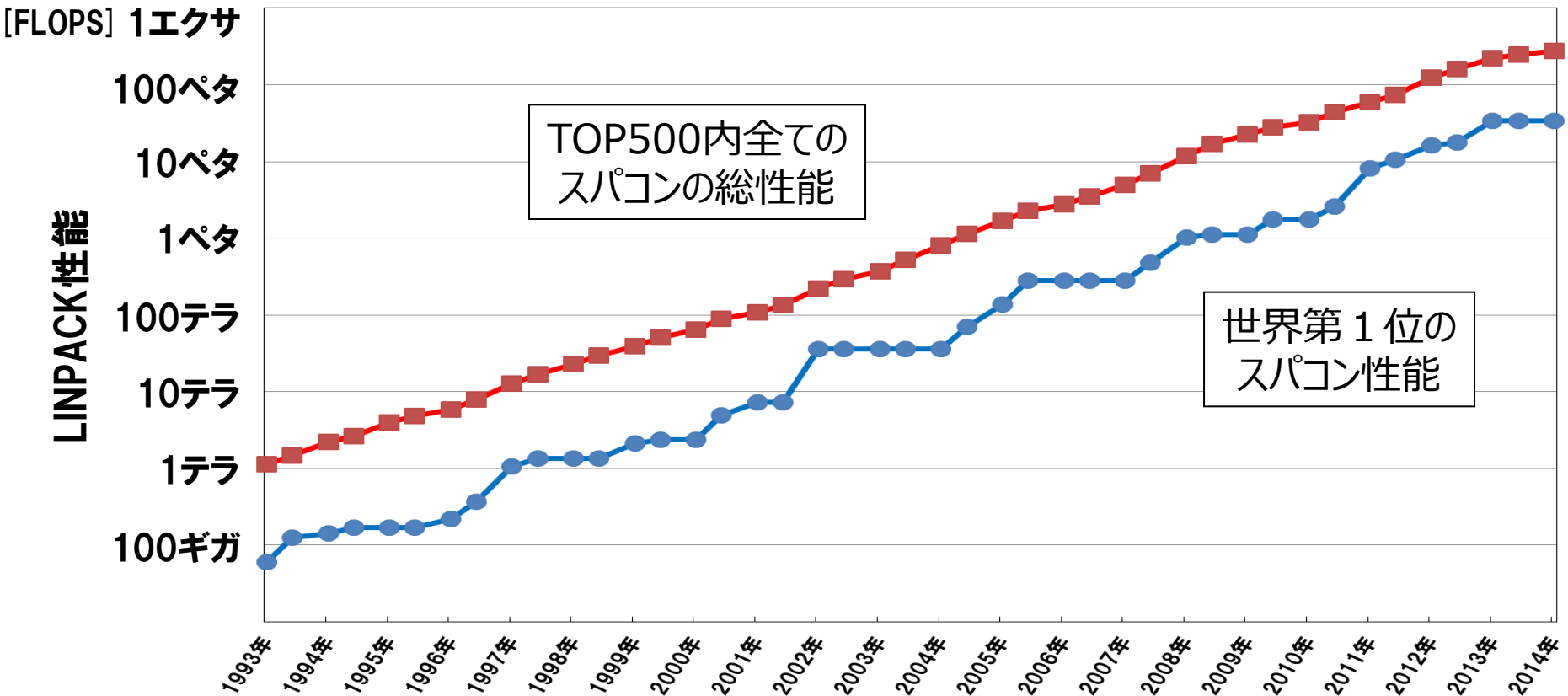
→ 世界的にスパコンの開発・整備が加速している状況



## II. 国際的な状況について

# 世界のスパコン性能推移

- ・TOP500内全てのスパコンの総性能及び世界TOPのスパコン性能は飛躍的に増加
- ・世界のスパコン性能は20年で50万倍に



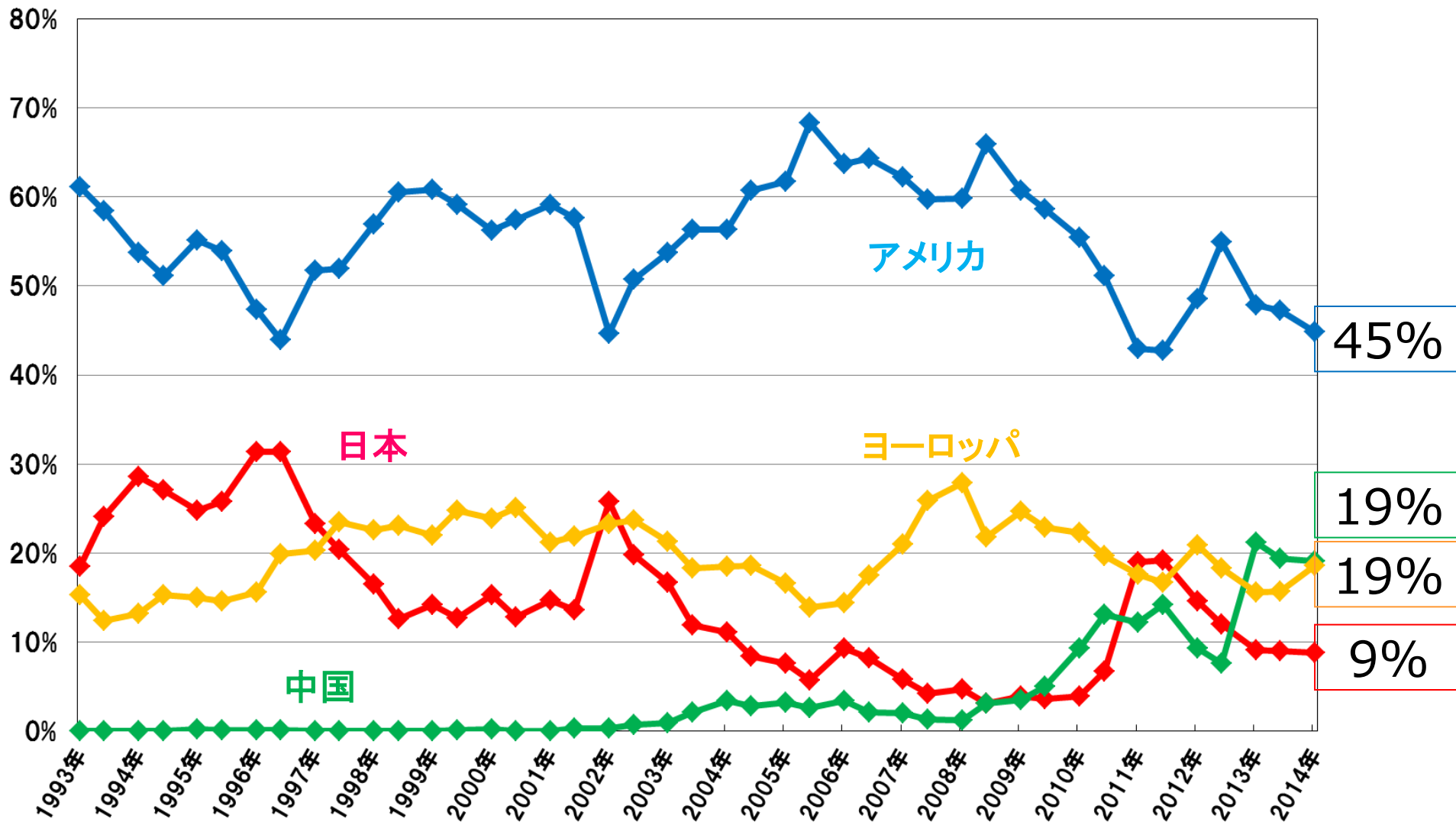
**TOP500** : 世界のスパコン性能ランキング。LINPACK（リンパック）による結果を上位500位までランキングしたもので毎年6月及び11月に更新。

**LINPACK** : 主にCPUの計算性能を比較する目的で作られたベンチマークテストであり、線形方程式を解く速度を測定するもの。

**FLOPS(フリップス)** : 1秒間に計算ができる回数（能力）を表した値。

# TOP500 国別性能割合推移

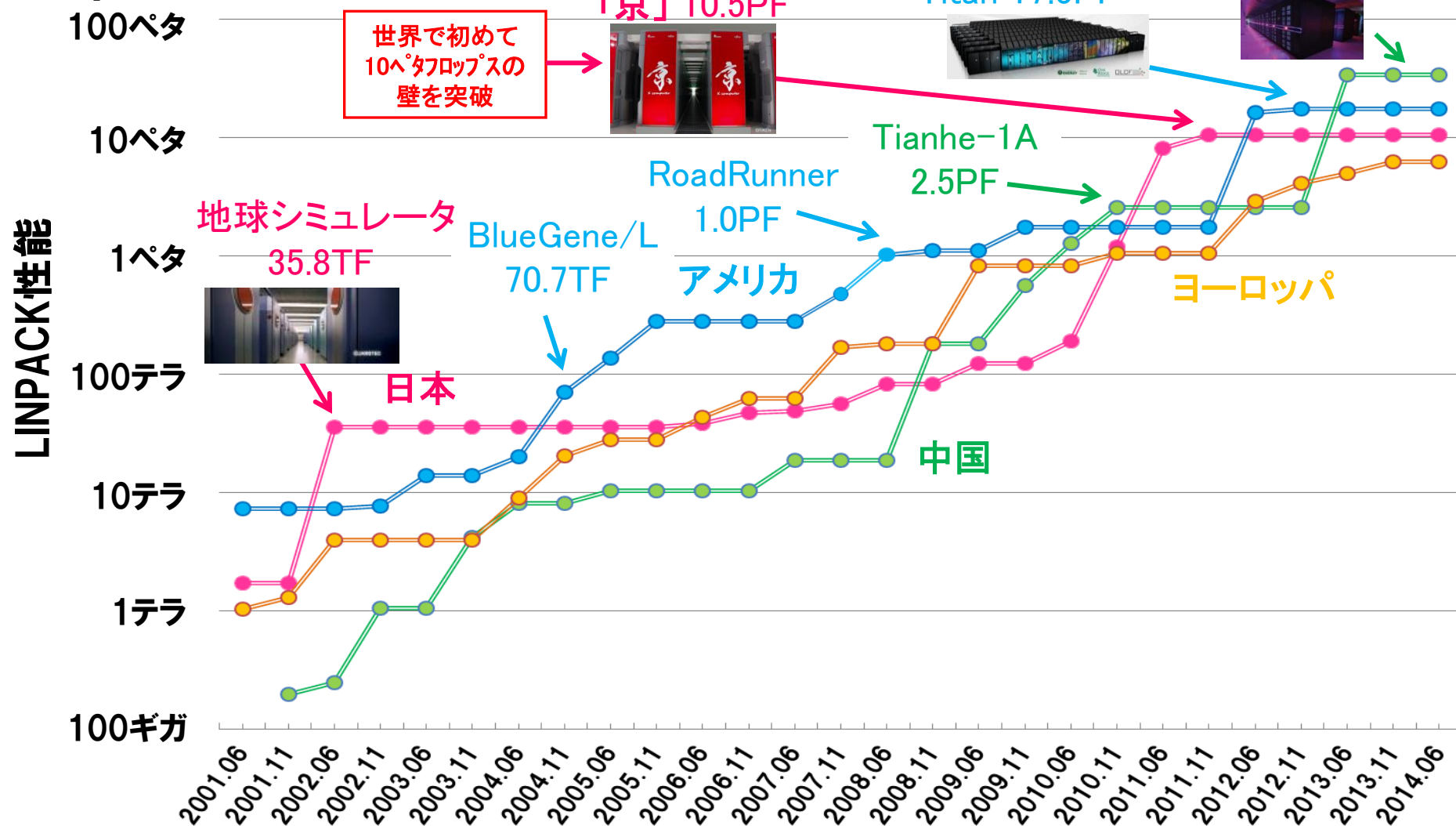
- ・アメリカは直近20年にわたり世界の計算能力の約半分を保有
- ・中国の躍進が目覚ましい一方、日本は長期的には減少傾向



# TOP500の各国1位の推移(2001年～)

- ・アメリカが大半のランキングで1位を獲得
- ・アメリカ以外では日本の地球シミュレータ(2002年6月～2004年6月)及び「京」(2011年6月・11月)が1位を獲得したほか、直近では中国の天河2号が1位獲得

[FLOPS]





# III. 我が国における現在の取組み

# 政府方針におけるスーパーコンピュータの開発・利用の位置づけ

## 第4期科学技術基本計画

平成23年8月19日閣議決定

- ・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
- ・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

## 「日本再興戦略」改訂2014

平成26年6月24日閣議決定

スーパーコンピュータを活用したシミュレーション手法による医療、創薬プロセスの高度化及びその製薬会社等による利用の促進等の基盤強化を図るため、効率的な創薬の促進に資する最先端のスーパーコンピュータの開発に取り組む。

## 科学技術イノベーション総合戦略2014

平成26年6月24日閣議決定

- ・基礎科学やゲノム解析等に必要なHPCの活用
- ・「京」やSpring-8等の最先端大型研究施設等の積極的活用体制の構築
- ・地震・津波シミュレーションの高度化
- ・気候変動予測シミュレーション技術の向上、…（中略）…技術を支える人材育成・人材確保・持続的研究推進等を効果的に行うための研究開発拠点・共用拠点プラットフォームの構築等の最先端大型研究施設等の積極的活用体制の構築

その他…「世界最先端IT国家創造宣言」や「健康・医療戦略」にもスパコン関係の記載あり

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

## 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ス・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、創薬プロセスの高度化等の科学的・社会的課題の解決に貢献。

(1) HPC(ハイパフォーマンス・コンピューティング)基盤の運用  
平成26年度予算：**128億円**

### (i) 「京」の運営 **113億円**

平成24年9月末に共用開始した「京」の着実な運用と利用推進。共用開始以降、産業界85社を含む1,000人以上が利用。これまでに、論文118本を発表、特許2件を出願。(平成26年4月時点)

### (ii) HPCIの運営 **15億円**

「京」を中核として国内の大学等の計算機やストレージを高速ネットワークで接続し、多様な利用者のニーズに応える利便性の高い研究基盤（HPCIシステム）を運用。

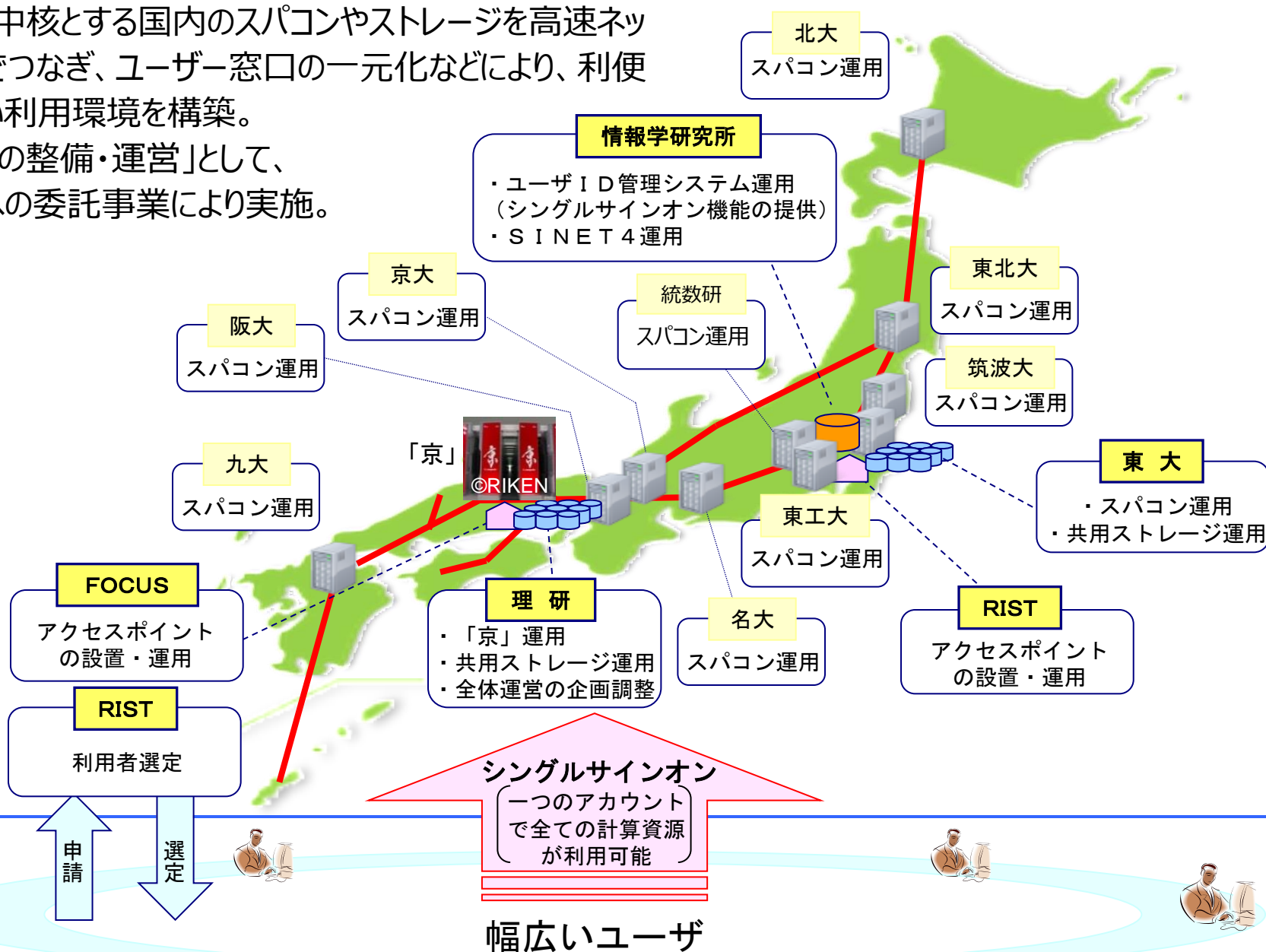
(2) HPCI利用の推進  
平成26年度予算：**22億円**

## HPCI戦略プログラム

- ①革新的な研究開発。
- ②高度な計算科学技術環境を使いこなせる人材育成。
- ③最先端計算科学技術研究教育拠点の形成を目指し、研究開発及び計算科学技術推進体制の構築。

# 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

## ○概要

- ◆平成18年4月にプロジェクトを開始。富士通と理研が共同開発
- ◆**平成23年11月に世界に先駆け、性能目標のLINPACK性能 10<sup>8</sup>タフリップス達成**
- ◆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

10ペタフロップス：一秒間に1京回（=1兆の1万倍 =  $10^{16}$ 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）



「京」が設置される計算科学研究機構  
(神戸ポートアイランド)



提供: 理化学研究所

## ○主な受賞歴

- ◆スパコンの計算速度を評価するランキング「**TOP500**」において**第1位を獲得**（平成23年）
- ◆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**（平成23年・24年）
- ◆スパコンの実用性能を測る国際的なベンチマークにおいて、高評価を獲得
  - ・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**（平成23～25年）
  - ・ビッグデータの解析性能を評価するランキング「**Graph500**」で**第1位を獲得**（平成26年）
- ◆「京」に採用されているネットワーク技術が「**平成26年度全国発明表彰**」で「**恩賜発明賞**」を受賞

# 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	<b>予測する生命科学・医療および創薬基盤</b> 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	<b>新物質・エネルギー創成</b> 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	<b>防災・減災に資する地球変動予測</b> 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	<b>次世代ものづくり</b> 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	<b>物質と宇宙の起源と構造</b> 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。

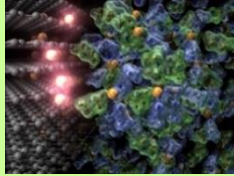
※ 各戦略分野の研究開発、分野振興等を牽引する機関を「戦略機関」とする。



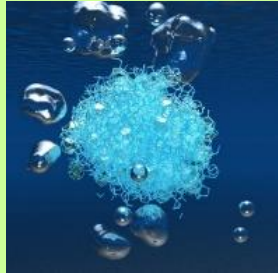
# スーパーコンピュータ「京」の成果例 <各分野>

## 材料・エネルギー

リチウムイオン電池  
充電時間1/3に  
高濃度電解液の動  
作原理を解明



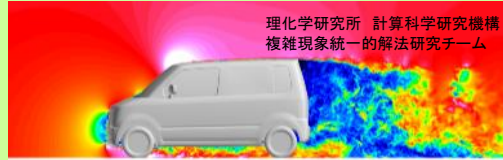
出典: <http://www.t.u-tokyo.ac.jp/epage/release/2014/2014032401.html>  
(HPCI戦略プログラム分野2 館山グループで実施)



メタンハイドレート  
からメタン発生の  
仕組みを解明

## ものづくり

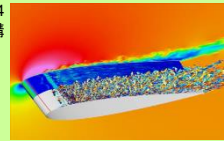
大規模空カシミュレーション  
で自動車開発を加速



理化学研究所 計算科学研究機構  
複雑現象統一的解法研究チーム

HPCI戦略プログラム 分野4  
宇宙航空研究開発機構

流体制御シミュレーションに  
より輸送・流体機器開発  
に革新の芽を育成



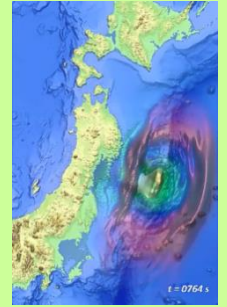
## 防災・減災

超高解像度の気  
象シミュレーシ  
ョン実現、積乱雲  
をより正確に



海洋研究開発機構・東京大学大気海洋研究所  
(HPCI戦略プログラム分野3) および  
理化学研究所計算科学研究機構の共同研究

地震動、地殻変動、  
津波を同時にシ  
ミュレーション



HPCI戦略プログラム 分野3  
東京大学地震研究所 前田拓人・古村孝志

## ライフサイエンス

血流シミュレーション、  
心臓シミュレーション  
で医療支援



HPCI戦略プログラム 分野1ISLIM, SCLS  
東京大学 久田・杉浦・鷲尾・岡田研究室  
協力 富士通株式会社

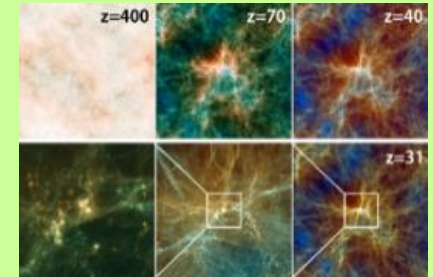
高速シミュレ  
ーションでIT創薬を  
支援



HPCI戦略プログラム 分野1  
東京大学 先端科学技術研究センター 藤谷 秀章

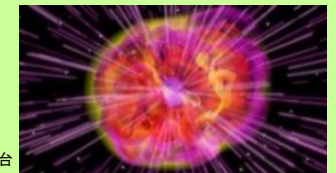
## 宇宙

ダークマター重力進化  
のかつてない大規模計  
算を実現



HPCI戦略プログラム 分野5  
シミュレーション 石山智明(筑波大学計算科学研究センター)  
可視化 武田隆顕(国立天文台)

超新星爆発のかつて  
ない大規模計算を実  
現



© 国立天文台

# スーパーコンピュータ「京」の成果例 <防災・減災対策>

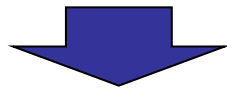
## <地震・津波の被害シミュレーション>

研究代表者：東京大学・古村孝志、東北大学・今村文彦  
研究期間：平成23年～平成27年

概要：地震・津波の被害予測に「京」を活用することにより、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**に貢献。  
**地方自治体とも連携し、研究開発を推進。**

### 従来（「京」以前）

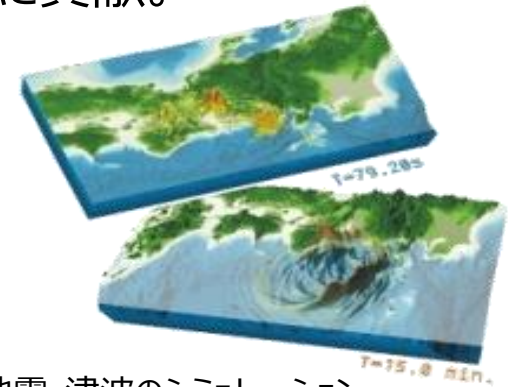
50m単位（ブロック単位）の予測を10時間超で実施していたが、非常に低精度かつ長時間要するため、現実的な避難予測への貢献は不可能



### 現在

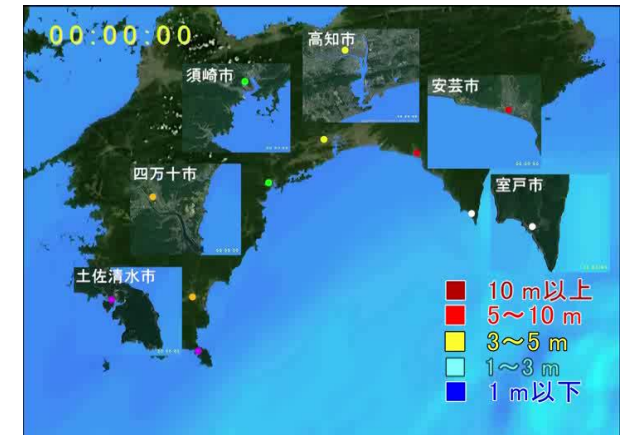
- ・**5m単位（家単位）の予測**を6時間で実施し、**地盤沈下や液状化現象を加味した詳細な予測**が世界ではじめて可能となった。
- ・南海トラフ巨大地震に備えるため、地方自治体（高知市）との研究協力が開始。

H27年度までに予測を3時間以内に短縮し、本シミュレーションの活用により、**南海トラフ巨大地震等の避難計画策定**への貢献を実現し、**東日本大震災の被災地（釜石市、女川町）の災害初動体制の確立**が期待される。



地震・津波のシミュレーション

HPCI戦略プログラム 分野3  
東京大学地震研究所 前田拓人・古村孝志



南海トラフ巨大地震のシミュレーション

HPCI戦略プログラム 分野3  
海洋研究開発機構 馬場俊孝



# スーパーコンピュータ「京」の成果例 <自動車開発>

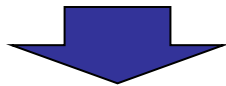
## <シミュレーションによる自動車開発の効率化>

研究代表者：東京大学・加藤千幸  
研究期間：平成23年～平成27年

概要：自動車等の設計に「京」を活用することにより、風洞実験や走行試験をシミュレーションで完全に代替し、設計期間短縮化、コスト削減に貢献。**トヨタ、日産、ホンダ、マツダ、スズキ等、国内自動車関連企業13社が参画**し研究開発を推進。

### 従来（「京」以前）

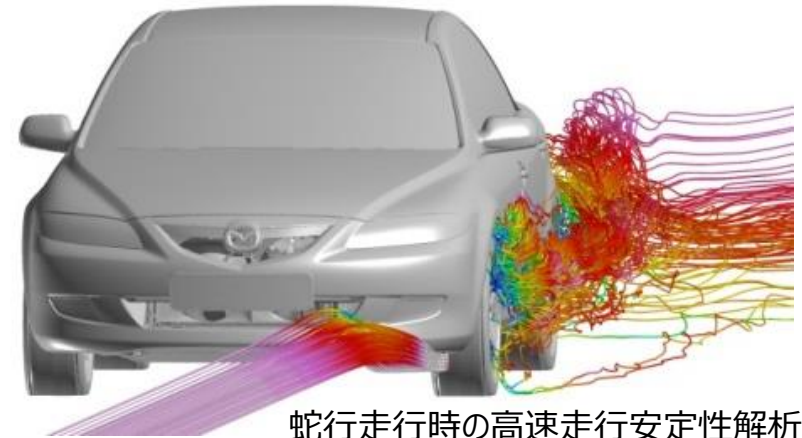
1cm単位（3500万格子）のメッシュで自動車の空力の解析を実施していたが、精度が非常に粗く、現実と乖離



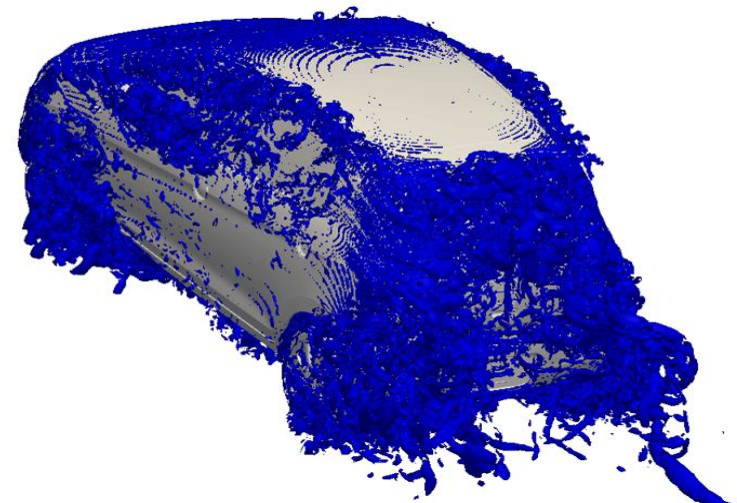
### 現在

**数mm以下（23億格子）のメッシュで実際の自動車走行をほぼそのまま再現**することが可能になった。（風洞実験の約98%の精度）

平成27年度までに精度約100%の実現による**風洞実験の完全代替**により、自動車開発における**1車種あたりの開発コストを年間120億円削減**（新車開発費400億と仮定）。これによる自動車関連業界における経済波及効果は年間数千億円。



蛇行走行時の高速走行安定性解析  
マツダ・北大提供



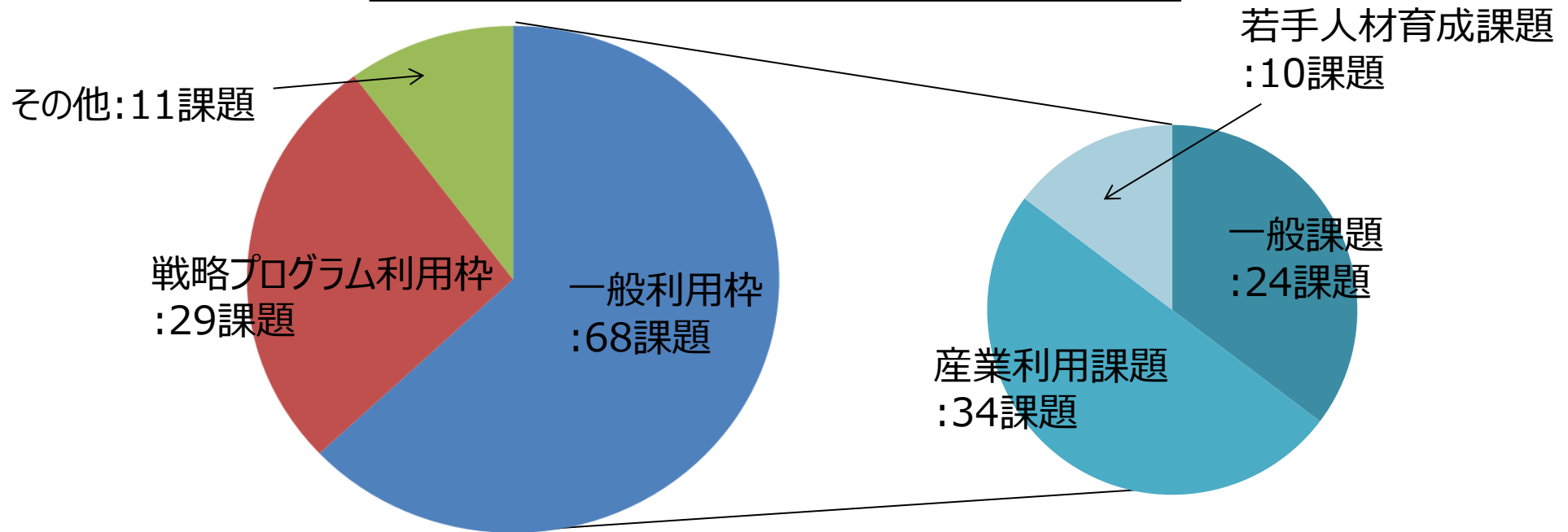
車両周りの流れ構造と表面圧力、速度分布

理研AICS・スズキ提供

# 「京」の利用状況について

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。

## 平成26年度における「京」の実施課題



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。（「京」の全計算資源量のうち約33%を使用）

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審査を経て利用者が選定される。（「京」の全計算資源量のうち約50%を使用）

# 産業利用促進に向けた取り組み

- 「京」の産業利用は、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」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。
- 「京」の全利用者の約3割が企業の利用者（1062人中302人）であるほか、全課題における参画企業数は総勢100企業以上に上る。

## 産業利用促進策

### (継続的な取組)

- ・企業の成果の機密性や情報管理に配慮した**成果非公開課題の設定**
- ・企業の利用者に対する手厚い**技術支援**

### (平成26年度からの新規取組)

- ・**産業利用に対する計算資源配分量の拡大**（5%→8%）
- ・企業が応募しやすくなるよう、**随時応募制度**を新たに導入
- ・「京」を一定期間、**予約的に利用できる制度**を導入（その期間は待ち時間なしで利用可）



「京」の技術支援



「京」の利用者講習会

## 「京」利用企業例

### <成果公開型>

清水建設、竹中工務店、ブリヂストン、住友ゴム工業、武田薬品工業、大日本住友製薬、富士フイルム、東洋紡、住友化学、日東電工、川崎重工業 など

### <成果非公開型>

大日本住友製薬、第一三共、富士通アドバンステクノロジー、アスミス、数値フローデザイン、本田技術研究所、JFEスチール、フォーラムエイト など

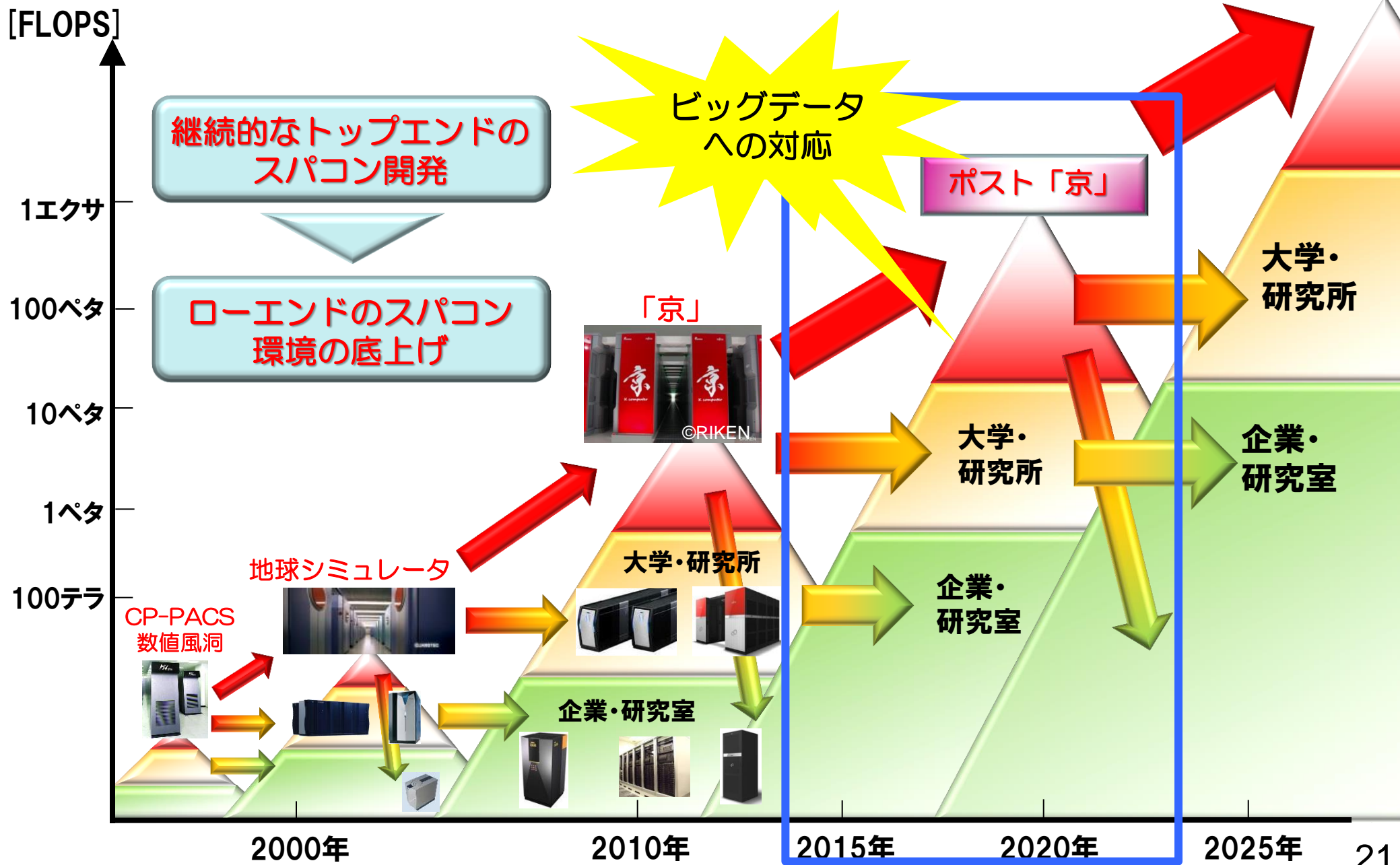
### <トライアル・ユース>

三ツ星ベルト、東洋ゴム工業、茨城日立情報サービス、半導体理工学研究センター、本田技術研究所、昭和電工、地震工学研究開発センター、住友バークライト、川崎重工業、フォーラムエイト、応用地質、日本ゼオン、新日鐵住金、ヒューリンクス、住友電気工業、ヴァイナス、CAEソリューションズ、三菱電機、富士重工、大林組、スズキ、関西電力、千代田化工建設 など

※登録機関である高度情報科学技術研究機構が利用支援の体制を整えており、利用者は無償で、事前相談、技術支援、情報提供等を受けることが可能。⇒詳細はHPCIポータル (<https://www.hpci-office.jp/>) 参照。

## IV. ポスト「京」の開発について

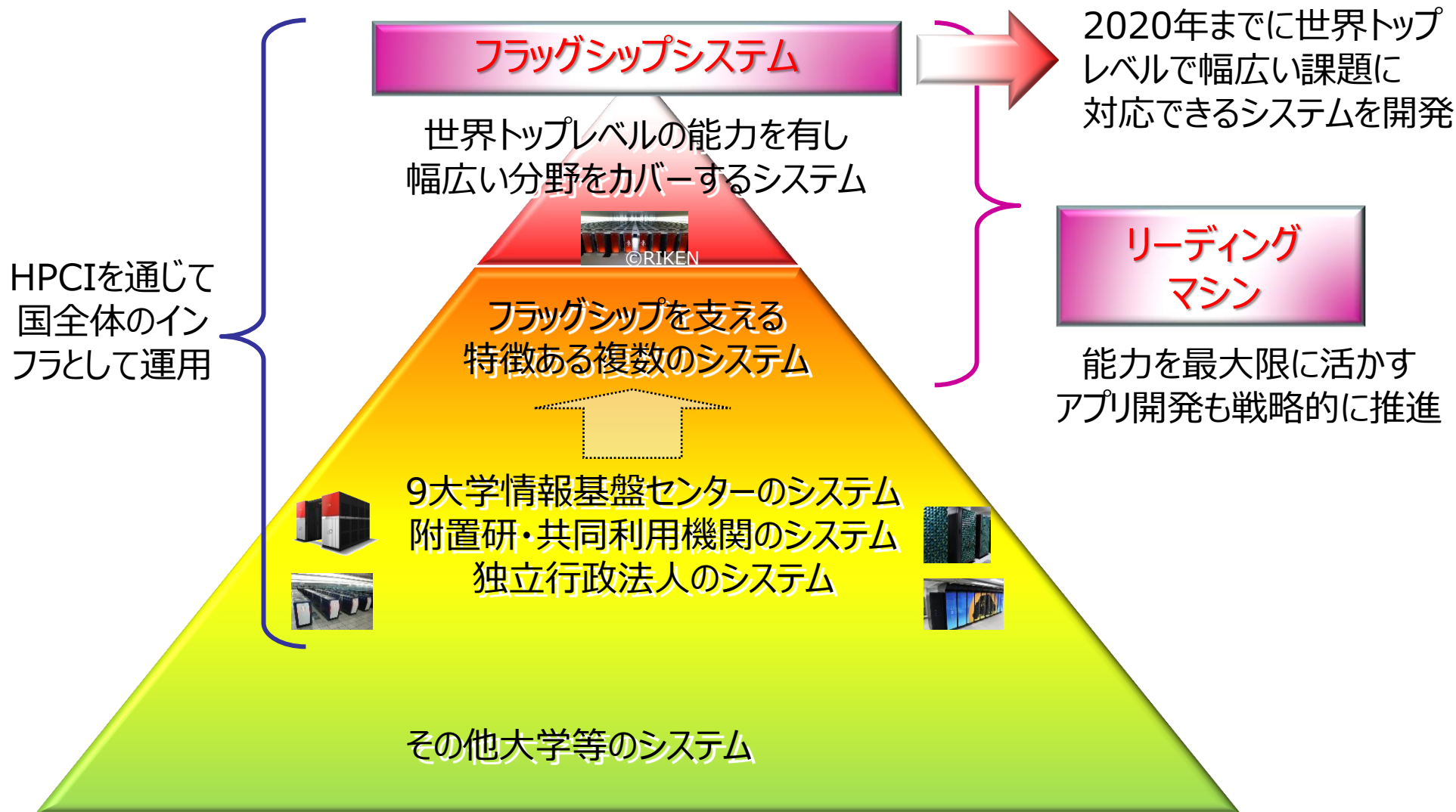
# 継続的な世界最高水準のスパコン開発の必要性





# 我が国の次期スパコン開発の方向性

＜我が国の計算科学技術インフラのイメージ＞



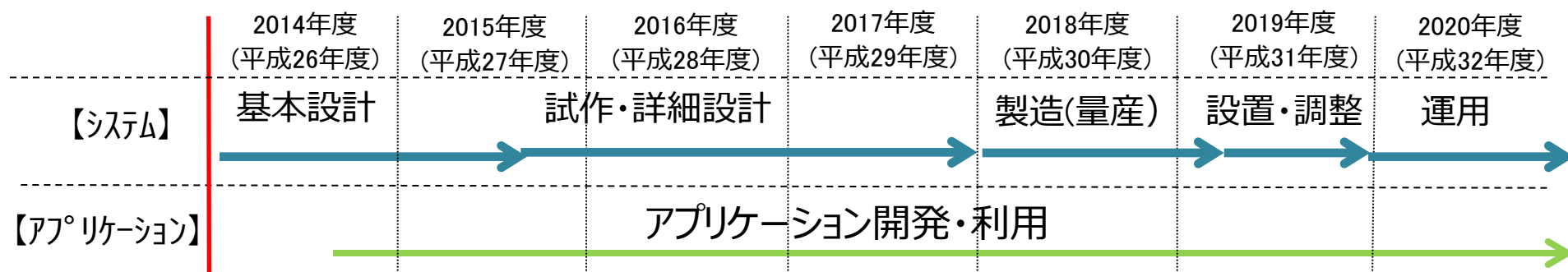
# フラッグシップ2020プロジェクト(ポスト「京」の開発)

## 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。
- 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。





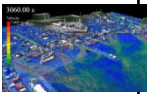
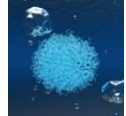
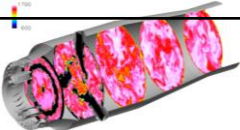
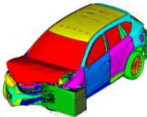
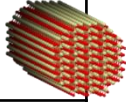
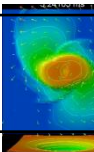
## 概要 ～利用者サイドに立った開発の推進～

- 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。



# ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題（1/2）

## 1. 重点課題（9 課題）

カテゴリ	重点課題名
健康長寿社会の実現 	① 生体分子システムの機能制御による革新的創薬基盤の構築  ② 個別化・予防医療を支援する統合計算生命科学 
防災・環境問題 	③ 地震・津波による複合災害の統合的予測システムの構築  ④ 観測ビッグデータを活用した気象と地球環境の予測の高度化
エネルギー問題 	⑤ エネルギーの高効率な創出、変換・貯蔵、利用の新規基盤技術の開発 ⑥ 革新的クリーンエネルギーシステムの実用化 
産業競争力の強化 	⑦ 次世代の産業を支える新機能デバイス・高性能材料の創成  ⑧ 近未来型ものづくりを先導する革新的設計・製造プロセスの開発
基礎科学の発展	⑨ 宇宙の基本法則と進化の解明 

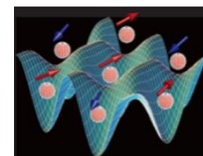


## 2. 萌芽的課題（4課題）

### 萌芽的課題

将来性を考慮し、今後、実現化を検討する課題

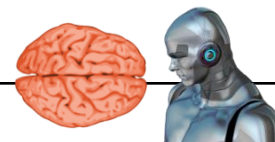
⑩ 基礎科学のフロンティア – 極限への挑戦



⑪ 複数の社会経済現象の相互作用のモデル構築とその応用研究

⑫ 太陽系外惑星（第二の地球）の誕生と太陽系内惑星環境変動の解明

⑬ 思考を実現する神経回路機構の解明と人工知能への応用



## まとめ

スーパーコンピュータのシミュレーションは

- 科学技術の発展
- 産業競争力の強化
- 安全・安心の国づくり に不可欠な国家の基幹技術

世界トップレベルの性能を持つスーパーコンピュータを  
国として整備していくことが重要

今後ともご理解とご支援のほど  
よろしくお願いいたします。

**ご清聴ありがとうございました。**