

次世代スーパーコンピューティング  
シンポジウム 2007

# スーパーコンピューティングの国家戦略

平成19年10月3日

藤木 完治

文部科学省  
大臣官房審議官（研究振興局担当）  
スーパーコンピュータ整備推進本部長

1. プロジェクトの背景

2. プロジェクトの概要

# (1) 第3期科学技術基本計画の基本理念

## 【基本姿勢】

- ① **社会・国民に支持され、成果を還元する科学技術**
- ② **人材育成と競争的環境の重視**  
～ モノから人へ、機関における個人の重視

## 【政策目標の明確化】

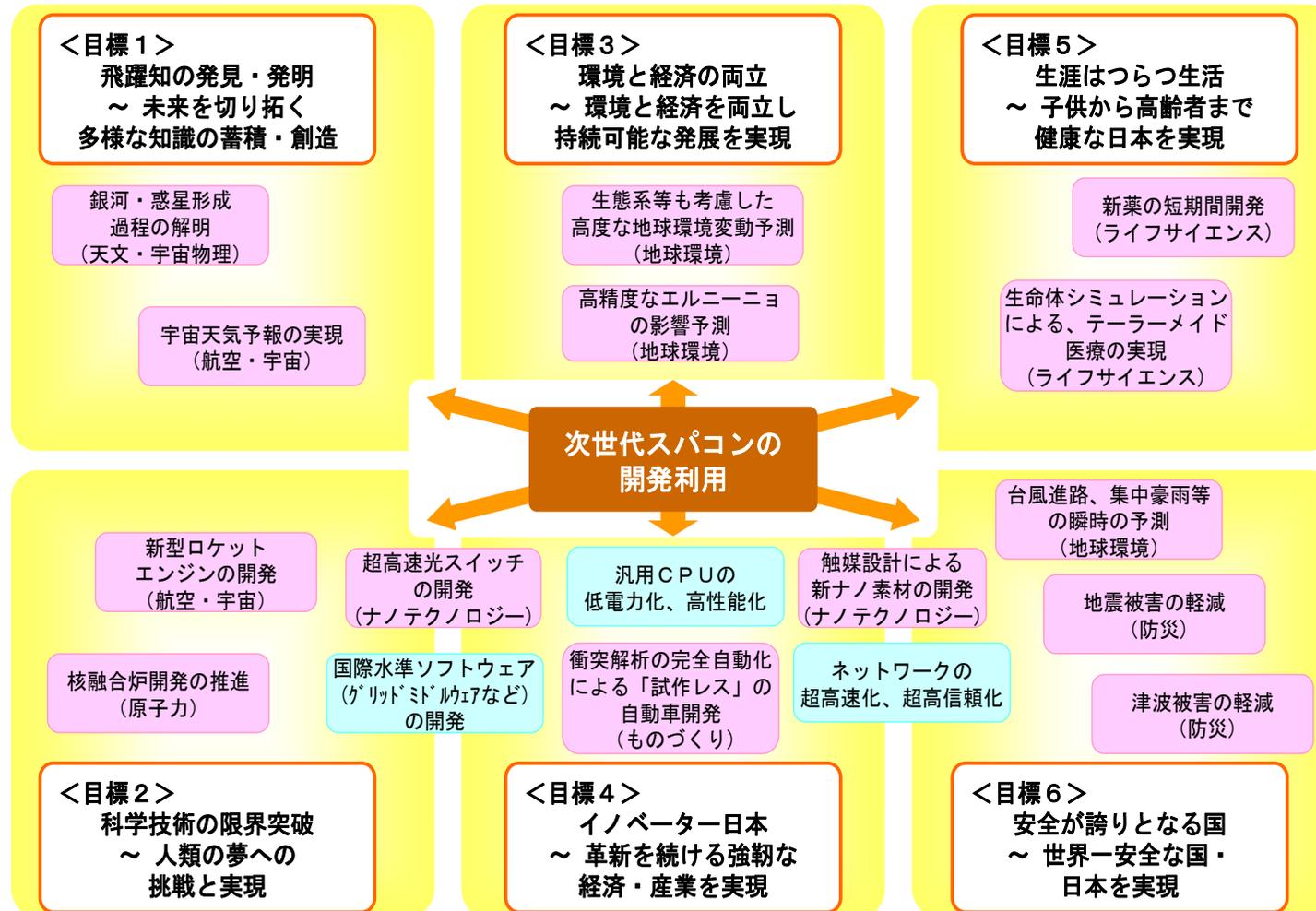
6つの大目標、12の中目標に向けて科学技術政策を推進し、成果実現と説明責任を強化

<理念1> <b>人類の英知を生む</b>	<理念2> <b>国力の源泉を創る</b>	<理念3> <b>健康と安全を守る</b>
<p>&lt;大目標1&gt; <b>飛躍知の発見・発明</b> ～未来を切り拓く多様な知識の蓄積・創造</p> <ul style="list-style-type: none"><li>(1) 新しい原理・現象の発見・解明</li><li>(2) 非連続な技術革新の源泉となる知識の創造</li></ul>	<p>&lt;大目標3&gt; <b>環境と経済の両立</b> ～環境と経済を両立し持続可能な発展を実現</p> <ul style="list-style-type: none"><li>(4) 地球温暖化・エネルギー問題の克服</li><li>(5) 環境と調和する循環型社会の実現</li></ul>	<p>&lt;大目標5&gt; <b>生涯はつらつ生活</b> ～子供から高齢者まで健康な日本を実現</p> <ul style="list-style-type: none"><li>(9) 国民を悩ます病の克服</li><li>(10) 誰もが元気に暮らせる社会の実現</li></ul>
<p>&lt;大目標2&gt; <b>科学技術の限界突破</b> ～人類の夢への挑戦と実現</p> <ul style="list-style-type: none"><li>(3) 世界最高水準のプロジェクトによる科学技術の牽引</li></ul>	<p>&lt;大目標4&gt; <b>イノベーター日本</b> ～革新を続ける強靱な経済・産業を実現</p> <ul style="list-style-type: none"><li>(6) 世界を魅了するユビキタスネット社会の実現</li><li>(7) ものづくりナンバーワン国家の実現</li><li>(8) 科学技術により世界を勝ち抜く産業競争力の強化</li></ul>	<p>&lt;大目標6&gt; <b>安全が誇りとなる国</b> ～世界一安全な国・日本を実現</p> <ul style="list-style-type: none"><li>(11) 国土と社会の安全確保</li><li>(12) 暮らしの安全確保</li></ul>

科学技術基本計画（平成18年3月28日閣議決定）より

## (2) 次世代スーパーコンピュータの開発による我が国の社会の広範な分野への貢献

### 1. 「第3期科学技術基本計画」における6つの政策目標実現への貢献



### 2. 我が国の「科学技術創造立国」としての国際的評価の確立

スパコンは科学技術創造立国実現のために極めて重要なツール

➡ **世界最高性能スパコンの開発・利用により、「科学技術創造立国」としての国際的評価を確立** 2

### (3) 国家基幹技術の着実な推進

国家の総合的な安全保障の向上、世界最高の研究機能の実現を目指す国家基幹技術について、国家的目標と長期戦略を明確にして研究開発を推進する。

#### 宇宙輸送システム

平成20年度概算要求額：558億円  
(平成19年度予算額：379億円)

我が国が必要な時に宇宙空間に人工衛星等を打ち上げる能力を確保・維持



基幹ロケット「H-IIA」

#### 海洋地球観測探査システム

平成20年度概算要求額：401億円  
(平成19年度予算額：212億円)

衛星や海洋探査技術による全球的な観測・監視技術の開発を行うとともに、これらの観測データを統合してユーザーに提供

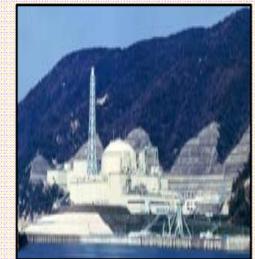


地球深部探査船「ちきゅう」

#### 高速増殖炉サイクル技術

平成20年度概算要求額：331億円  
(平成19年度予算額：297億円)

ウラン・プルトニウム等の核燃料の再利用による長期的なエネルギーの安定供給を確保



高速増殖原型炉「もんじゅ」

#### 次世代スーパーコンピュータ

平成20年度概算要求額：195億円  
(平成19年度予算額：77億円)

最先端・高性能汎用の次世代スーパーコンピュータ(1秒間に1京回の計算性能)を平成22年度の稼働、平成24年の完成を目指して開発するとともに、利用のためのソフトウェアの開発を推進



次世代スーパーコンピュータ施設のイメージ

#### X線自由電子レーザー

平成20年度概算要求額：178億円  
(平成19年度予算額：75億円)

原子レベルの超微細構造や化学反応の超高速動態・変化を瞬時に計測・分析が可能な世界最高性能の研究施設を整備し、欧米に先んじる成果を創出



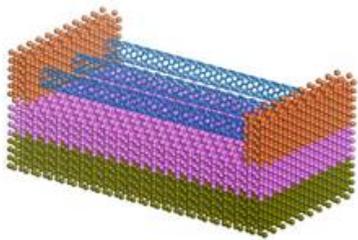
X線自由電子レーザーの一部

## (4) 次世代スーパーコンピュータで初めて可能になる応用分野例

### ナノテクノロジー

#### 新しい半導体材料の開発

10万原子



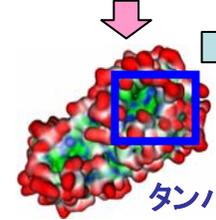
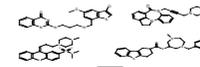
デバイス全体

原子一つ一つをシミュレーションすることにより、試行錯誤で行っていた材料開発が画期的に進歩する。

### ライフサイエンス

#### 新薬の開発

様々な薬剤候補物質



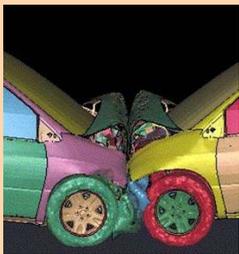
タンパク質の  
活性部位

新薬設計

高精度な新薬候補物質の絞込みにより、新薬の開発期間を短縮し、新薬開発の国際競争力の強化に資する。

### ものづくり

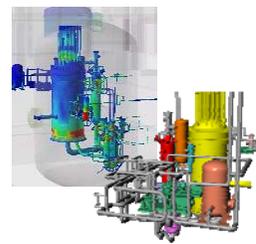
#### 自動車の衝突の解析



人手で数カ月かかるモデル作成等が1~2時間で自動化でき、安全性の向上や産業競争力強化に繋がる。

### 原子力

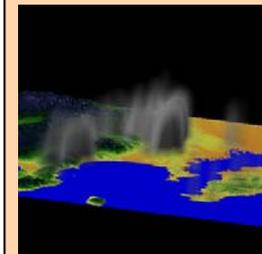
#### 原子力施設の耐震解析



原子力施設の全容シミュレーションによる、プラントの各種設計や危険予知に関する総合的な解析・評価が可能になる。

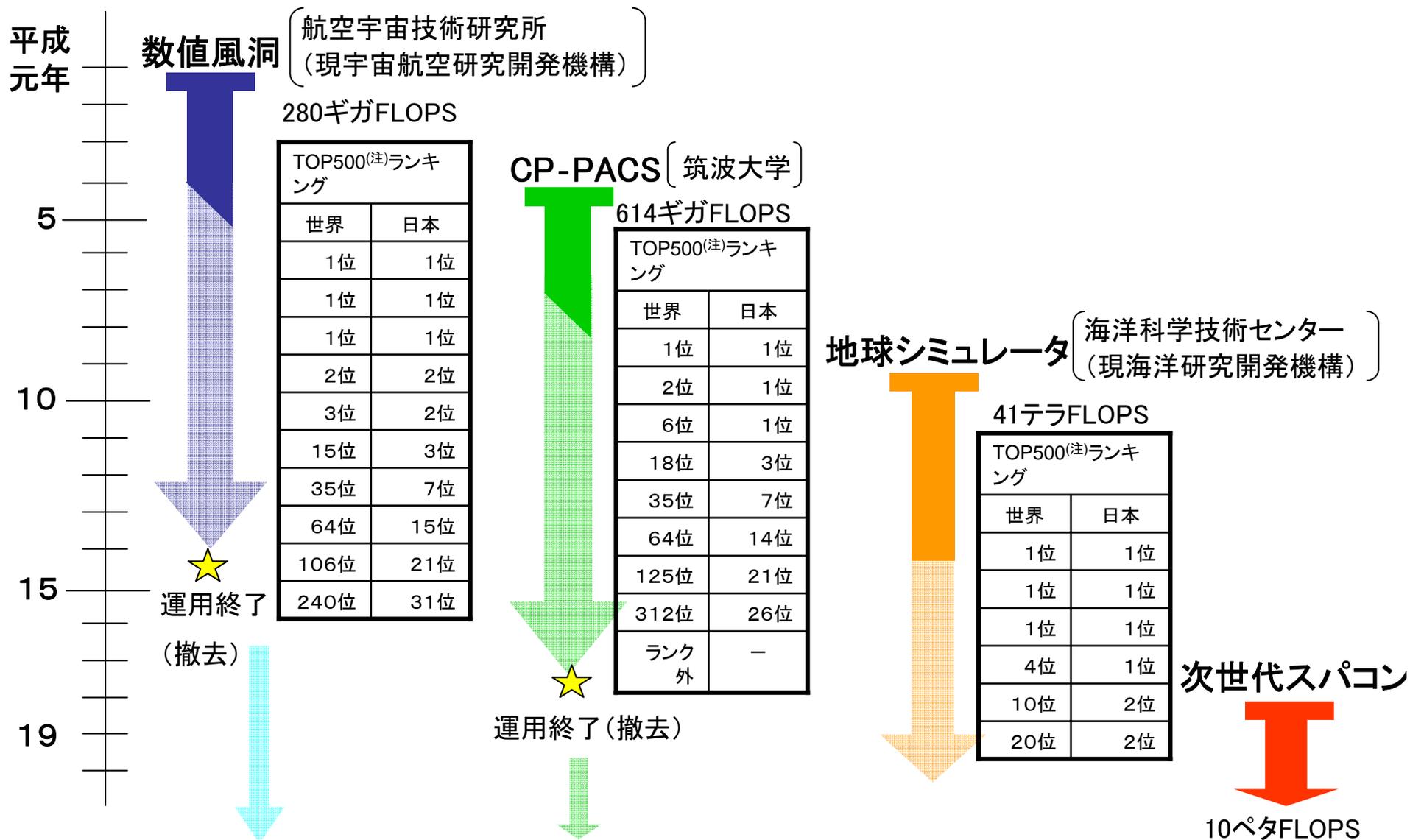
### 地球環境

#### 台風の進路や集中豪雨の予測



1Km四方以下でのシミュレーションにより、集中豪雨や台風進路の精度の高い予測が可能になる。

# (5) 我が国の最高性能スパコン開発の歴史



(注) スーパーコンピュータのベンチマークテストのひとつである「Linpack (リンパック)」の実行結果をランキングしたTOP500による。  
 毎年6月及び11月に更新される。  
 本ベンチマークテストは、スパコンの総合性能を評価しているわけではない。

## (6) 「スパコンTOP500」におけるトップ10ランキングの変遷

平成16年6月

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	地球シミュレータ	地球シミュレータセンター	NEC	日	35.8
2	Thunder	ローレンスリバモア研	CDC	米	19.9
3	ASCI Q	ロスアラモス研	HP	米	13.8
4	BlueGene/L	IBM	IBM	米	11.6
5	Tungsten	NCSA	Dell	米	9.8
6	P Series	ヨーロッパ中期気象予報センター	IBM	英	8.9
7	RSCC	理研	富士通	日	8.7
8	BlueGene/L	IBM	IBM	米	8.6
9	Mpp2	パシフィックノースウエスト研	HP	米	8.6
10	曙光4000A	上海スパコンセンター	曙光	中	8.0

平成17年11月

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	BlueGene/L	ローレンスリバモア研	IBM	米	280.6
2	BlueGene/W	IBM	IBM	米	91.2
3	ASC Purple	ローレンスリバモア研	IBM	米	63.3
4	Columbia	NASA	SGI	米	51.8
5	Thunderbird	サンディア研	Dell	米	38.2
6	Red Storm	サンディア研	Cray	米	36.1
7	地球シミュレータ	地球シミュレータセンター	NEC	日	35.8
8	MareNostrum	バルセロナスパコンセンター	IBM	スペイン	27.9
9	BlueGene	Groningen大学	IBM	オランダ	27.4
10	Jaguar	オークリッジ研	Cray	米	20.5

平成19年6月

順位	システム名称	サイト	ベンダ	国名	Linpack 演算回数 (テラ FLOPS)
1	BlueGene/L	ローレンスリバモア研	IBM	米	280.6
2	Jaguar	オークリッジ研	Cray	米	101.7
3	Red Storm	サンディア研	Cray	米	101.4
4	BlueGene/W	IBM	IBM	米	91.2
5	New York Blue	ストーニーブルック大学計算機センター	IBM	米	82.1
6	ASC Purple	ローレンスリバモア研	IBM	米	75.7
7	eServer Blue Gene Solution	レンセラーポリテクニク研	IBM	米	73.0
8	Abe	国立スーパーコンピュータ応用研究所	Dell	米	62.6
9	MareNostrum	バルセロナスパコンセンター	IBM	スペイン	62.6
10	HLRB-II	ライプニッツ研究センター	SGI	独	56.5
14	TSUBAME	東工大学術国際情報センター	NEC/SUN	日	48.8
20	地球シミュレータ	地球シミュレータセンター	NEC	日	35.8

(注)「Linpack(リンパック)」

主に中央演算処理装置(CPU)の計算性能を比較する目的で作られたベンチマークのうち、最も広く用いられているもの。大規模な線形方程式(連立一次方程式)の演算の回数を計測する。ジャック・ドンガラ博士(テネシー大学)が提唱した。

但し、総合的にスパコンの評価を行うには、「Linpack」での連立一次方程式におけるCPUの性能だけでなく、扱えるデータの規模、データの転送速度等について、台風の進路や集中豪雨の予測、自動車の衝突解析といった複雑な現象のシミュレーションを用いて評価する必要がある。

# (7) 日米のスパコン開発競争と米国の戦略

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。

日本は、地球シミュレータ計画(平成9('97)~14('02)年)の後、平成16('04)年11月以降、米国の後塵を拝していることから、次世代スーパーコンピュータプロジェクトで巻き返しを図る。

**エネルギー省(DOE)**

- ASC計画(旧ASCI計画)—  
ターゲットを絞って世界最速を目指す (BlueGene)
- NLCF※1計画—  
ライフサイエンスや核融合分野といった幅広い分野での利用を目指す

**国防省(DOD)**

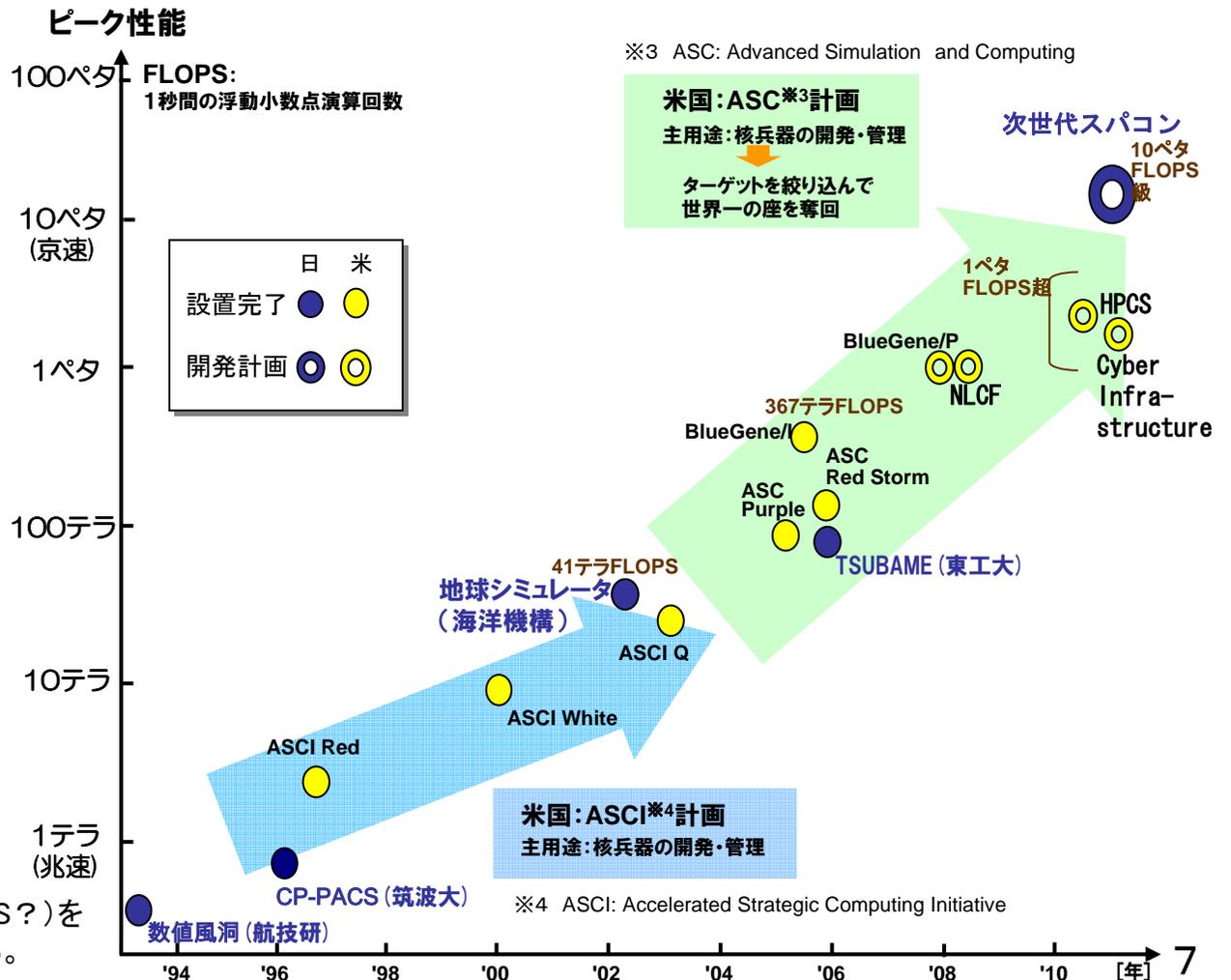
- HPCS※2計画—  
既存技術の延長線上にない新世代スパコンの開発を目指す

**米国科学財団(NSF)の活動**

- Cyber Infrastructure計画—  
2011年に1ペタFLOPS超を目指す

※1 NLCF: National Leadership Computing Facility  
 ※2 HPCS: High Productivity Computing System

注)IBMはBlue Gene/Q(ピーク性能10ペタFLOPS?)を2010~2012年頃を目指し開発するとしている。



1. プロジェクトの背景

2. プロジェクトの概要

# (1) 「次世代スーパーコンピュータ」プロジェクト

平成20年度概算要求額	:	195	億円
平成19年度予算額	:	77	億円
平成18～24年度（総事業費）	:	1,154	億円

## 1. 目的 世界最先端・最高性能の次世代スーパーコンピュータの開発・整備及び利用技術の開発・普及

### 2. 概要

理論、実験と並び、現代の科学技術の方法として確固たる地位を築きつつある計算科学技術をさらに発展させるため、長期的な国家戦略を持って取り組むべき重要技術（国家基幹技術）である「次世代スーパーコンピュータ」を平成22年度の稼働（平成24年の完成）を目指して開発する。

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べく、

(1) 世界最先端・最高性能の「次世代スーパーコンピュータ（注）」の開発・整備

（注）10ペタFLOPS級

（1ペタFLOPS：1秒間に1千兆回の計算）

(2) 次世代スーパーコンピュータを最大限利活用するためのソフトウェアの開発・普及

(3) 上記(1)を中核とする世界最高水準のスーパーコンピューティング研究教育拠点（COE）の形成を文部科学省のイニシアティブにより、開発主体（理化学研究所）を中心に産学官の密接な連携の下、一体的に推進する。

### 3. 体制

(1) 開発主体である独立行政法人理化学研究所を中心とした産学連携体制を構築。

(2) 特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律を整備し（平成18年7月施行）、産学官の研究者等に幅広く開かれた共用施設として位置付け。

## (2) プロジェクトの全体スケジュール

		平成18年度 (2006)	平成19年度 (2007)	平成20年度 (2008)	平成21年度 (2009)	平成22年度 (2010)	平成23年度 (2011)	平成24年度 (2012)	平成20 年度概算 要求内訳	
								稼動▲		完成▲
システム	演算部 (スカラ部、ベクトル部)	概念設計		詳細設計		試作・評価	製造・据付調整		93億円	
	制御フロントエンド (トータルシステム ソフトウェア)	基本設計		詳細設計	製作・評価		性能チューニング・高度化			
	共有ファイル	基本設計		詳細設計	製造・据付調整					
ソフトウェア アプリケーション	次世代ナノ統合 シミュレーション	開発・製作・評価					実証		22億円	
	次世代生命体統合 シミュレーション	開発・製作・評価					実証			
施設	計算機棟	設計		建設					81億円	
	研究棟	設計		建設						
運用		方針・体制の検討				準備活動	運用			
費用		35億円	77億円	195億円	← 847億円 →					

合計 1,154億円



## (4) 次世代スーパーコンピュータによる経済効果について(1)

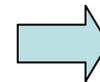
### 1. 個別分野における経済効果(シミュレーションによる効果)

#### ○我が国の研究開発投資(平成17年度)

総額 17.8兆円

分野	投資額	分野	投資額
ライフサイエンス	2.4兆円	エネルギー	88百億円
情報通信	2.8兆円	宇宙開発	24百億円
環境	89百億円	海洋開発	10百億円
材料・ナノテクノロジー	77百億円	輸送用機械工業	2.2兆円

※総務省統計局「科学技術研究調査報告」



次世代スパコンの活用により、研究開発投資の効率化に、大きな貢献をもたらすものと期待される。

#### ○ナノテクノロジーやバイオテクノロジー分野の2010年の市場規模

##### ナノテクノロジー

4兆2千億円(2020年には13兆4千億円)※1

##### 健康・バイオテクノロジー

24兆2千億円 ※2

※1: ナノテク関連市場規模動向調査平成18年3月 経済産業省委託調査

※2: 「健康・バイオテクノロジー」産業発掘戦略平成14年12月 内閣官房

次世代スパコンの活用により、製品開発の迅速化、効率化などが可能となり、これらの市場の拡大に大きな効果があると期待される。

# 次世代スーパーコンピュータによる経済効果について(2)

## 2. 下方展開による経済効果

- ・ メーカーは開発された次世代スーパーコンピュータの技術を活用した新しい製品を市場へ投入する。地球シミュレータの場合、地球シミュレータの技術を活用した新しい製品(SX-6, SX-6i:NEC)を約400台(ノード)出荷。
- ・ 本プロジェクトにおいて生み出されるCPU等のLSI技術、冷却技術、ネットワーク技術などの要素技術が、サーバー等の情報機器、ルーター等のインターネット機器、さらには多くの情報機器、医療装置、車載機器、測定器等に広く応用されていくと考えられる。

## (5) 立地地点の選定

理化学研究所において、次世代スーパーコンピュータ施設の立地地点を客観的・科学的な観点から検討するため、外部有識者からなる立地検討部会(部会長：黒川 清 内閣特別顧問)を設置し、平成18年7月より、15の候補地について評価を実施。

理化学研究所は立地検討部会の評価報告書に基づき、有力とされた神戸及び仙台について総合的に評価・検討を行い、平成19年3月に、神戸(ポートアイランド第2期内)を立地地点とすることを決定。

所在地	兵庫県神戸市中央区港島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1分(JR新神戸駅から25分)
-----	---



土地所有者：神戸市



## (6) システム構成の決定(概念設計の実施)

【世界最速のシステム】 ⇒ 1秒間に1京(ケイ=10の16乗)回の計算性能  
(現最速計算機の約36倍)

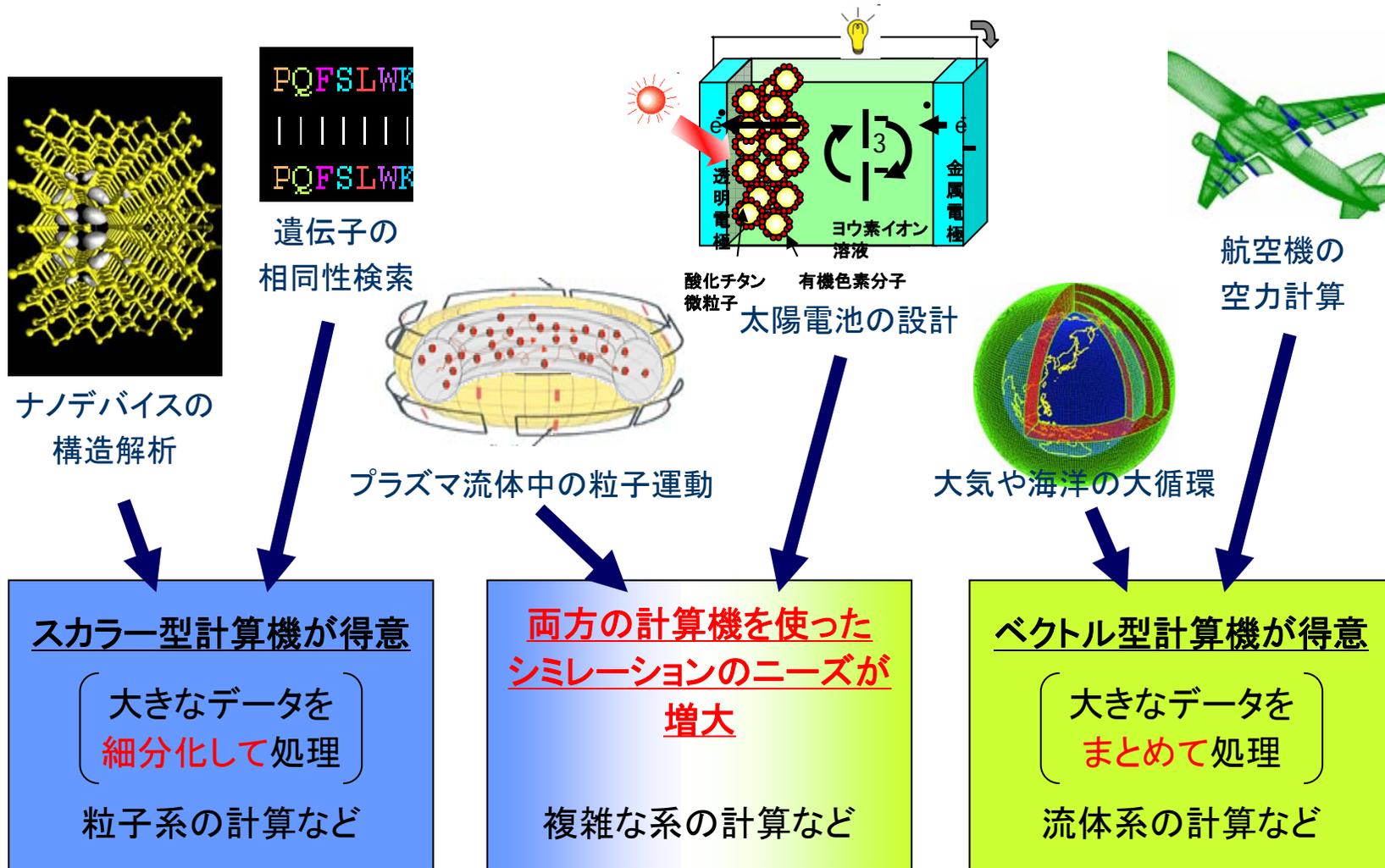
【汎用システム】 ⇒ 科学技術・産業で用いられる多様なアプリケーションやこれまで不可能だった複雑かつ大規模なシミュレーションが実行可能

【革新的なシステム】 ⇒ 先端技術の積極的導入により、画期的な省電力、省スペースを実現  
理化学研究所とメーカー3社(NEC、日立、富士通)による共同開発・共同負担により、日本の技術力の総力を結集して開発

### [検討経緯および今後の予定]

平成18年4月	理化学研究所において、システム構成案の検討を開始
平成19年4月	NEC・日立及び富士通の提案を基礎に、理化学研究所においてシステム構成案を作成。
平成19年3～6月	文部科学省において、概念設計評価作業部会を設置し、理化学研究所のシステム構成案について評価を実施
平成19年6～9月	総合科学技術会議において評価を実施
平成19年9月	文部科学省及び総合科学技術会議の評価を踏まえ、理化学研究所においてシステム構成を正式決定
平成19～20年度	詳細設計

# シミュレーションに対するニーズの高度化・多様化

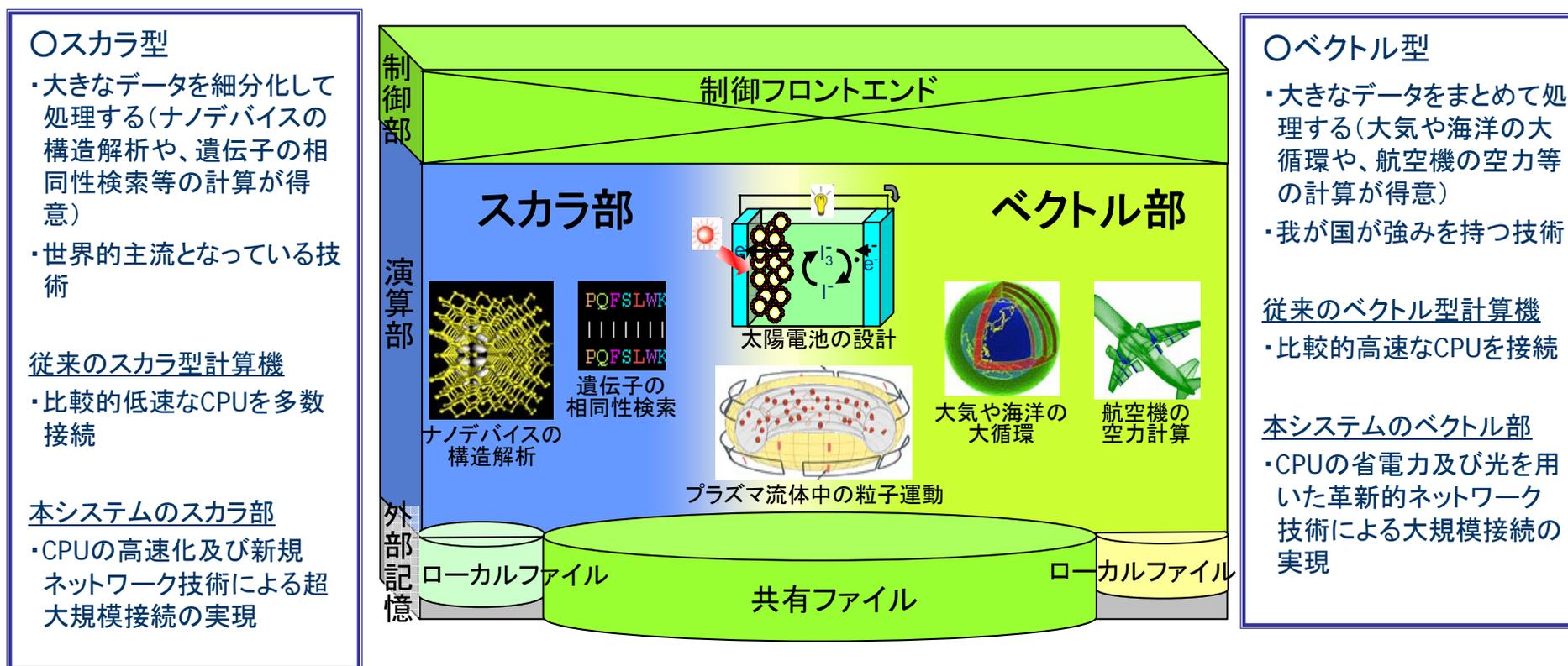


多様なニーズに的確に応える汎用スーパーコンピュータが必要

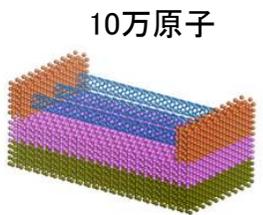
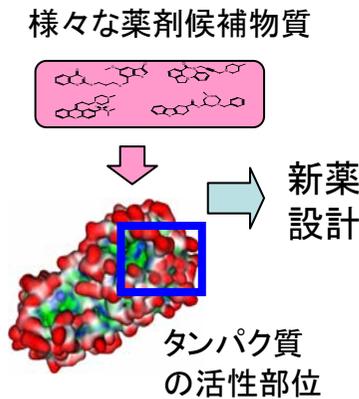
# システムの基本的な構成

= 多様なシミュレーションの実行に最適な計算環境を  
提供する汎用スーパーコンピュータ =

- ・シミュレーションの特性に応じた最適な演算部で計算を実行
- ・スカラ部とベクトル部の活用により、従来困難だった複雑かつ大規模なシミュレーション実行可能



# (7) 次世代スーパーコンピュータを最大限利活用するためのソフトウェアの研究開発(グランドチャレンジアプリケーション)

	ナノテクノロジー分野 〔次世代ナノ統合シミュレーションソフトウェアの研究開発〕	ライフサイエンス分野 〔次世代生命体統合シミュレーションソフトウェアの研究開発〕
概要	ナノ電子デバイスの設計やバイオ燃料生成用の酵素設計等に役立つシミュレーションソフトウェアを研究開発	タンパク質分子の反応や、細胞・臓器の働きの詳細な解析により、製薬・医療に役立つシミュレーションソフトウェアを研究開発
応用例	 <p>10万原子</p> <p>ナノ電子デバイス</p> <p><b>現状</b> 2千原子程度(デバイスの一部)の計算が可能</p> <p>↓</p> <p><b>次世代スパコン</b> 10万原子(デバイス全体)の計算が可能</p> <p>↓</p> <p><b>アウトカム</b> 高速、低消費電力のナノ電子デバイスの実現を加速</p>	 <p>様々な薬剤候補物質</p> <p>新薬設計</p> <p>タンパク質の活性部位</p> <p><b>現状</b> 150年の計算時間</p> <p>↓</p> <p><b>次世代スパコン</b> 6ヶ月(更なる短縮を検討)</p> <p>↓</p> <p><b>アウトカム</b> 新薬候補物質の最適化を効率化し、新薬開発の期間短縮及びコスト削減を実現</p>
体制	分子科学研究所を中核に、東京大学物性研究所、東北大学金属材料研究所、産業技術総合研究所等と連携した研究開発体制を構築	理化学研究所を中核に、東京大学医科学研究所、慶應義塾大学等、13機関と連携した研究開発体制を構築

## (8) 次世代スーパーコンピュータ施設の整備

### 施設の建設

- ・ 現在、理化学研究所において建屋（計算機棟、研究棟等）の設計を実施中。
- ・ 平成19年度内に着工、平成22年度に完工予定。

### 整備の基本方針

- (1) 次世代スーパーコンピュータの性能を最大限引き出す設備・能力の確保
- (2) 世界最高水準のスーパーコンピューティング研究教育拠点 (COE) として相応しい研究・教育環境の整備
- (3) ランニングコストと環境負荷の低減化

### 施設の特徴

- (1) 計算機の性能を常時保証できる床耐荷重及び免震構造とするとともに、必要な電源設備及び冷却設備を整備
- (2) 共用施設としての運用上の利便性を高めるとともに、研究交流や多様な知識の融合を促進するため、計算機棟と研究棟を整備
- (3) 廃熱利用の推進や排水処理への配慮などによりランニングコストと環境負荷の低減を実現



#### 【計算機棟】

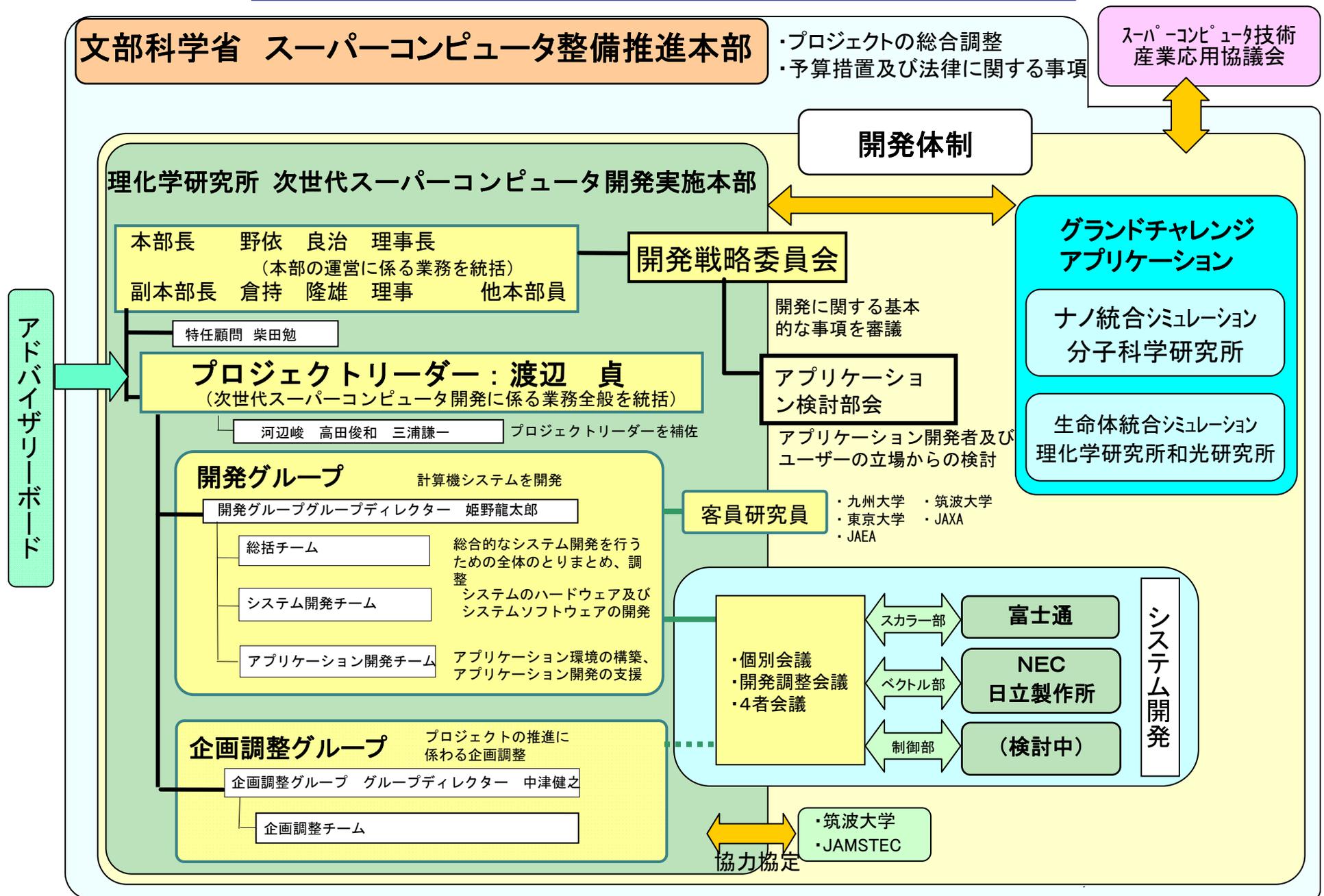
- 延床面積 約17,500㎡
- 建築面積 約6,300㎡
- 構造 鉄骨造り地上3階地下1階

#### 【研究棟】

- 延床面積 約8,000㎡
- 建築面積 約2,000㎡
- 構造 地上5階

その他、電源を供給する特高受変電設備、計算機棟の空調機を冷却する冷却設備、及び環境負荷低減のためのCGS(自家発電)設備等を設置

# (9) プロジェクト推進体制の構築



# (10) 産業界との協力体制

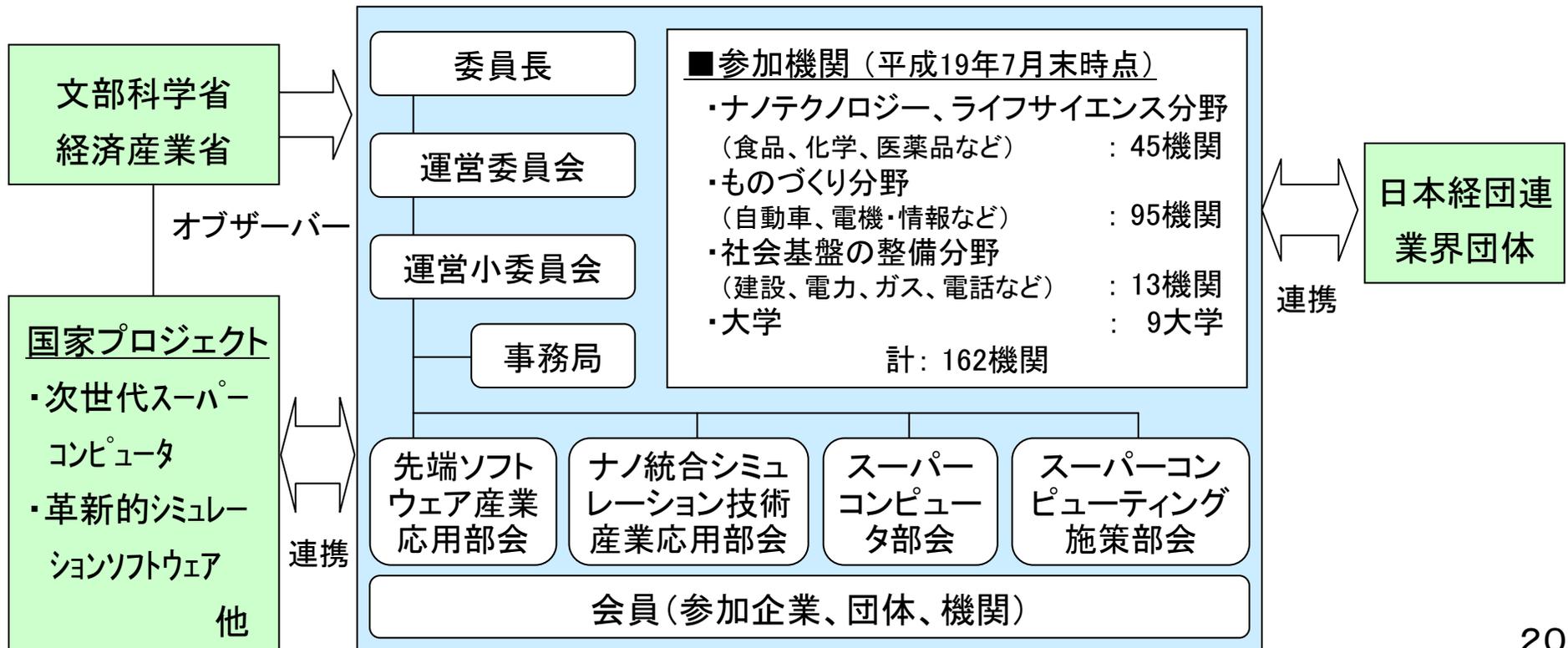
## スーパーコンピューティング技術産業応用協議会

### [設立趣旨]

産業界におけるスーパーコンピューティングの産業活用を推進するため、スーパーコンピュータ用の先進的応用ソフトウェアの評価、利用技術の開発、普及や超高速コンピュータ網を活用したスーパーコンピュータ利用技術の開発、普及などを推進する目的で設立

### [活動内容]

4つの部会を設置し、スーパーコンピュータを活用したシミュレーションソフトウェアの産業界での利用技術の普及、次世代スーパーコンピュータ開発に関する産業界からの要望事項の検討・取りまとめなどを実施



# (11) 平成20年度概算要求の概要

平成20年度概算要求額  
195億円（77億円）

## 次世代スーパーコンピュータシステムの開発 93億円（42億円）

次世代スーパーコンピュータのシステム開発について詳細設計を本格化

### ■演算部

- ・CPUのLSI物理設計、部分回路の試作試験、及び論理シミュレーションによる動作検証等
- ・OS等の基本ソフトウェア及びプログラム言語処理系等の詳細設計

### ■制御フロントエンド

- ・トータルシステムソフトウェアの機能等の詳細設計

### ■共有ファイル

- ・ハードウェア構成及びソフトウェアの機能等の詳細設計

## ソフトウェアの開発 22億円（21億円）

ソフトウェアの開発について、引き続き、グランドチャレンジアプリケーションの開発・製作・評価を実施

### ■次世代ナノ統合シミュレーション

- ・グランドチャレンジアプリケーションのプロトタイプの開発
- ・引き続き、企業との共同研究等を実施し、ニーズを開発に反映

### ■次世代生命体統合シミュレーション

- ・シミュレーションソフトウェアの高並列化・高速化に向けた研究開発を実施
- ・開発したソフトウェアをユーザーが使いやすいように改良等を行う

## 次世代スーパーコンピュータ施設の整備 81億円（14億円）

次世代スーパーコンピュータ施設（計算機棟、研究棟）の整備を本格化

- ・計算機棟の建設の本格化
- ・研究棟については、設計を経て建設に着手