

次世代スーパーコンピュータプロジェクトと その技術課題

平成18年12月11日

渡辺 貞

理化学研究所
次世代スーパーコンピュータ開発実施本部
プロジェクトリーダー

目次

1. 第3期科学技術基本計画の概要と国家基幹技術

2. スーパーコンピュータを巡る日本と世界の情勢

3. 次世代スーパーコンピュータプロジェクト

4. 次世代スーパーコンピュータの技術課題

1. 第3期科学技術基本計画の概要と 国家基幹技術

第3期科学技術基本計画の概要

1. 基本理念

- 科学技術をめぐる諸情勢
- 第3期基本計画における**基本姿勢**
- 科学技術政策の**理念と政策目標**
- 政府研究開発**投資の総額**<約25兆円>

2. 科学技術の戦略的重点化

- **基礎研究**の推進
- 政策課題対応型研究開発における**重点化**
- **分野別推進戦略**の策定及び
実施に当たり考慮すべき事項

3. 科学技術システム改革

- **人材**の育成、確保、活躍の促進
- 科学の発展と絶えざる**イノベーション**の創出
- 科学技術振興のための**基盤**の強化
- **国際活動**の戦略的推進

4. 社会・国民に支持される科学技術

- 倫理的・法的・社会的課題への責任ある取組
- 科学技術に関する**説明責任と情報発信**の強化
- 科学技術に関する**国民意識の醸成**
- 国民の科学技術への主体的な参加の促進

5. 総合科学技術会議の役割

- 政府研究開発の**効果的・効率的促進**
- **制度・運用上の隘路の解消**
- 科学技術基本計画の適切なフォローアップと進捗の促進 等

科学技術の戦略的重点化

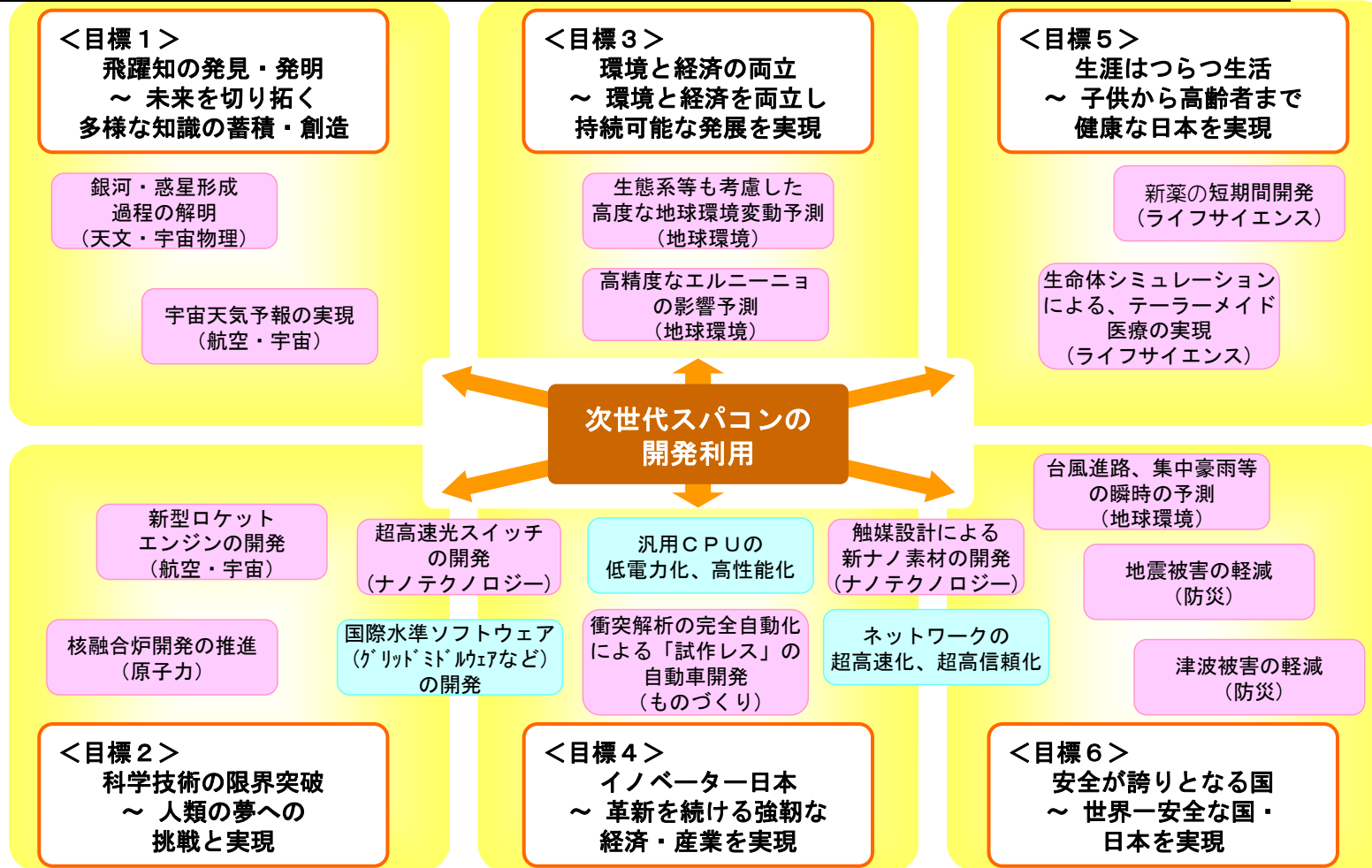
- **投資の選択と集中** の徹底により、限られた財政資源を有効に活用
 - 多様な知と革新をもたらす **基礎研究**
～ 一定の資源を確保して着実に推進
 - **重点推進4分野**（ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料）
～ 選択と集中の上、引き続き優先的に資源配分
 - **推進4分野**（エネルギー、ものづくり技術、社会基盤、フロンティア）
～ 選択と集中を徹底
- 本計画中に重点投資する「**戦略重点科学技術**」を選定し、**選択・集中**
- **戦略重点科学技術**の中で「**国家基幹技術**^(注)」を精選

(注) 国家的な大規模プロジェクトとして基本計画期間中に集中的に投資すべき基幹技術として国家的な目標と長期戦略を明確にして取り組むもの

国家基幹技術の一つとして、**次世代スーパーコンピューティング技術**を選定

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一番重要なツール



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

国家基幹技術への集中投資

平成19年度概算要求額:125,711百万円
(平成18年度予算額:70,115百万円)

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。

5つの国家基幹技術

宇宙輸送システム

平成19年度概算要求額:44,362百万円
(平成18年度予算額:25,539百万円)

平成19年度は、H-II Aロケット2機の打上げ、H-II Bロケット、宇宙ステーション補給機の開発を実施



高速増殖炉サイクル技術

平成19年度概算要求額:31,080百万円
(平成18年度予算額:24,126百万円)

平成19年度は、高速増殖炉サイクル技術の研究開発を一層加速するとともに、「もんじゅ」の確認試験等を実施

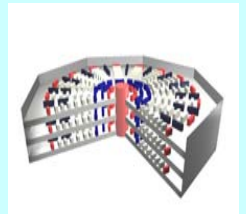


※平成20年5月「もんじゅ」運転再開予定

次世代スーパーコンピュータ

平成19年度概算要求額:8,700百万円
(平成18年度予算額:3,547百万円)

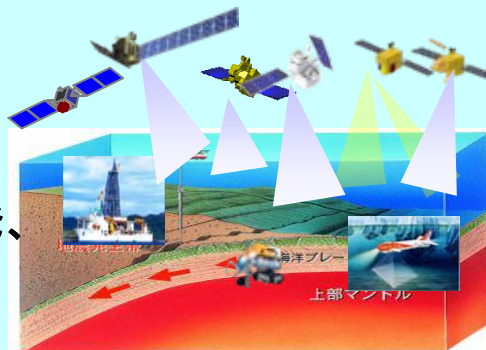
平成22年度からの共用開始を目指し、平成19年度は、ハードとソフトの設計・研究開発を本格化するとともに、建屋の設計・建設に着手



海洋地球観測探査システム

平成19年度概算要求額:33,806百万円
(平成18年度予算額:14,597百万円)

平成19年度は、次世代海洋探査技術の開発、衛星観測監視システムの開発、データ統合・解析システムの構築を実施



※平成19年9月から「ちきゅう」の国際運用開始(熊野灘の掘削を開始)

X線自由電子レーザー

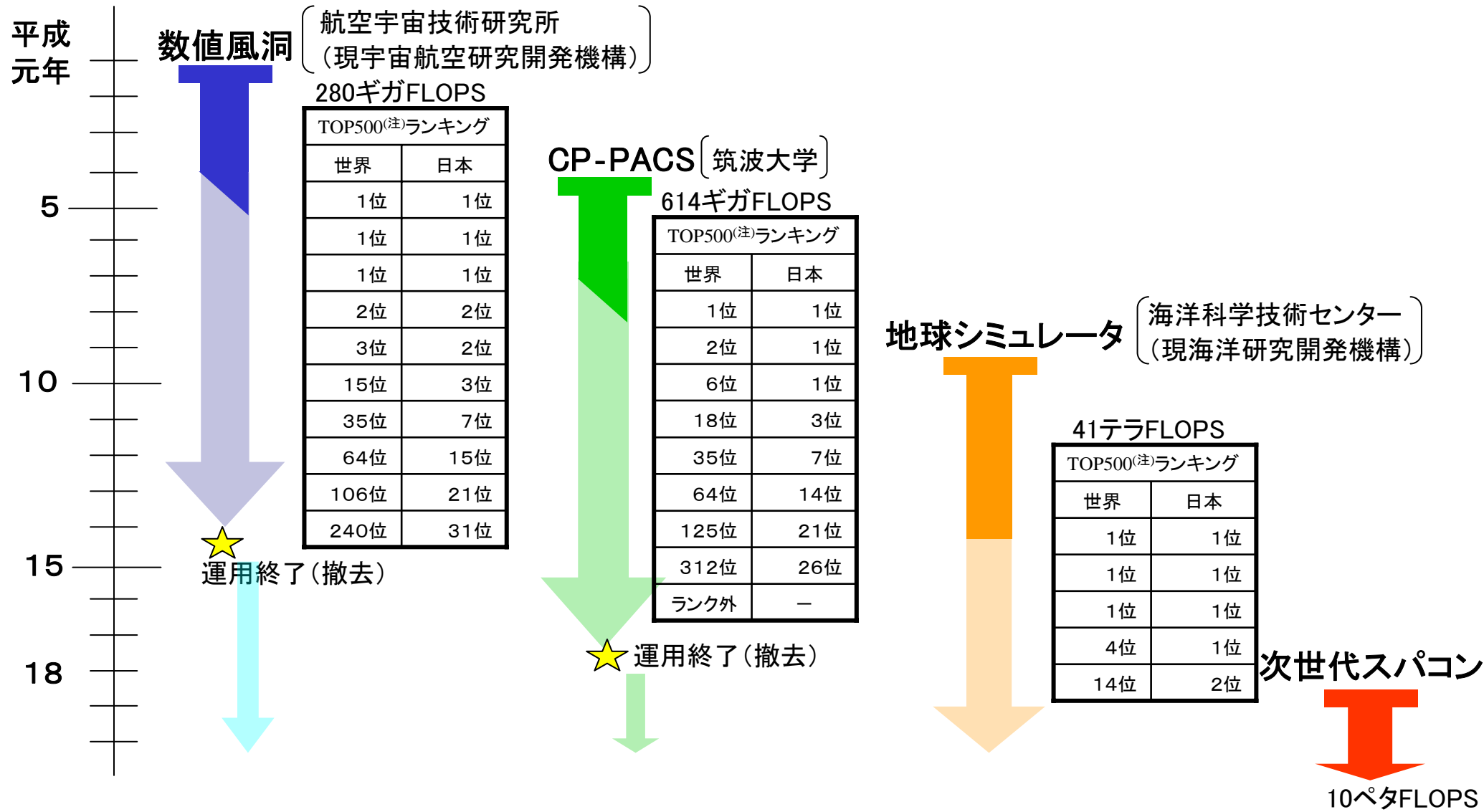
平成19年度概算要求額:7,764百万円
(平成18年度予算額:2,306百万円)

平成23年からの共用開始を目指し、平成19年度は、放射光を発生させる光源収納部等の開発に着手するとともに、利用推進研究を実施



2. スーパーコンピュータを巡る 日本と世界の情勢

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。

世界のスパコンTOP500

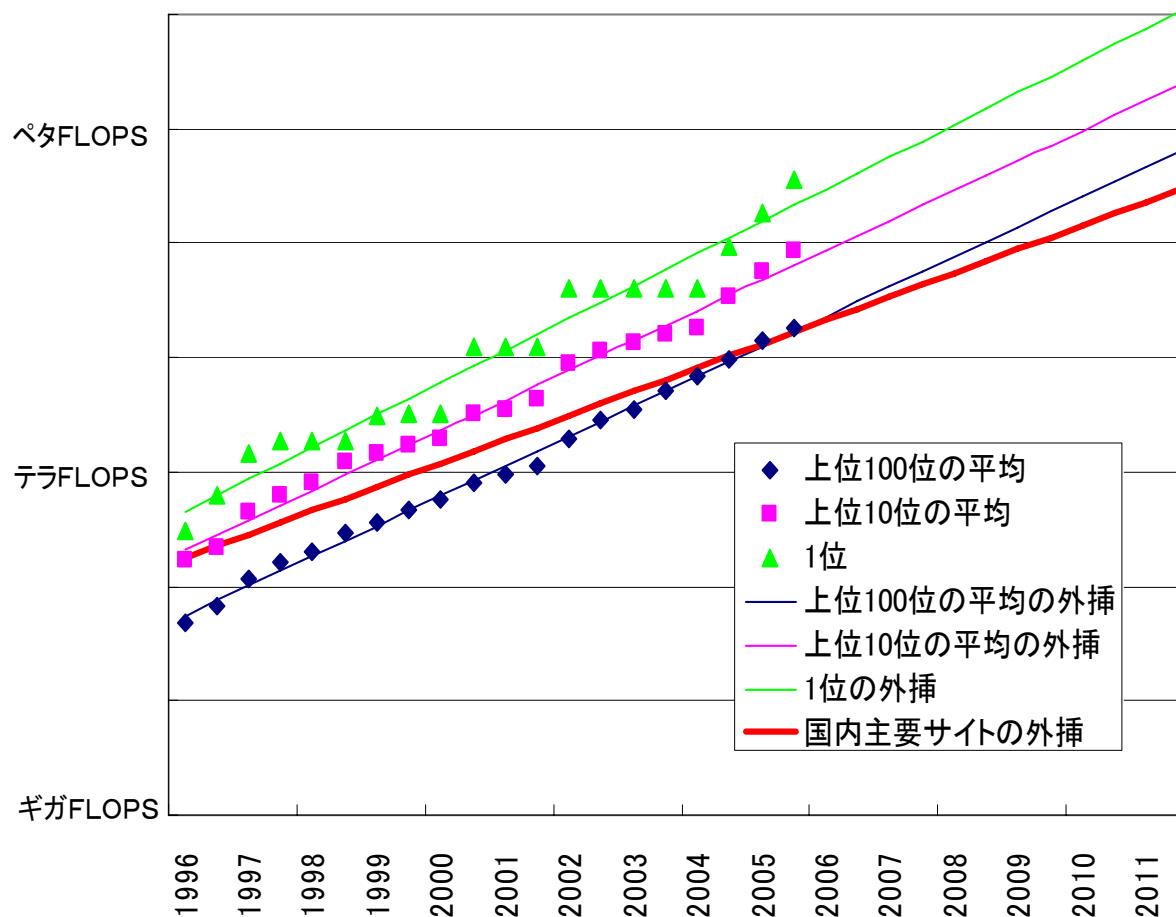
平成18年11月

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	Red Storm	サンディア研	Cray	米	101.4
3	BlueGene/W	IBM	IBM	米	91.3
4	ASC Purple	ローレンスリバモア研	IBM	米	75.8
5	Blade Center JS21	バルセロナスパコンセンター	IBM	スペイン	62.6
6	Thunderbird	サンディア研	Dell	米	38.3
7	Tera-10	原子力エネルギー委員会	Bull	仏	52.8
8	Columbia	NASA	SGI	米	51.9
9	TSUBAME	東工大学術国際情報センター	NEC/SUN	日	47.4
10	XT3	オークリッジ研	Cray	米	43.5
14	地球シミュレータ	地球シミュレータセンター	NEC	日	35.8

世界のスパコンTOP500における計算機の理論演算性能の推移

日本と世界では、スパコンの性能向上率に開きがあり、現状では国際的競争力を維持できない。

(日本は年率約1.6倍、世界は年率約1.8倍)。



米国の戦略

米国は、利用分野を絞り込んだ計画で世界最高性能を奪回した。併せて、軍事利用、幅広い産業、科学技術・学術研究での利用のため、複数の計画を並行して推進。

米国の戦略

- 地球シミュレータが世界最速となった2002年の「コンピュートニク」ショックを背景として、政府(特にエネルギー省)主導でスパコン開発を強化(世界最速の奪回が目標)
- 2003年に「HECRTF(高性能コンピューティング<スパコン>再生タスクフォース)」を設置
- 約1,000億円/年の政府資金をスパコン整備・開発に投入

米国の主要プロジェクトの状況(公表ベース)

	予算総額	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
DOE ASC計画	約\$1800M (2005-2010)	ASCI Purple 100TF BlueGene/L 370TF				?	BlueGene/P 1PF		BlueGene/Q 10PF?
DOE NLCF計画	約\$150-200M (2004-2008)	Cray Red Storm (XT3) 20TF	Cray X2 100TF	Cray X2 250TF	Cray Baker 1PF				
		IBM BlueGene/L 5TF	BG/L 50TF	BlueGene/P 100TF					
DOD/DARPA HPCS計画	約\$160M (2002-2005)	第二フェーズ 研究開発 (Cray, IBM, Sun)	第三フェーズ 研究開発開 始(2ベン ダーに絞る)				実効1PF (4PF超までス ケーラブル)		
DOD/NSA	\$52M (2006のみ)			Cray Black Widow 数100TF~			(最終目標は 1PF超の実現 。時期未定)		
NSF Cyber Infrastructure計画	\$200M (2007-2010)		説明会 (6月) 一次提案 (9月)	最終提案 (2月)→ 開発(2007年 10月開始)			2010年に1PF を目指す		

現状では2008~2010年頃に1PF以上を達成の様様。

エネルギー省(DOE)の活動

- ASC計画(旧ASCI計画) -
ターゲットを絞って世界最速(数ペタ)を目指す(BlueGene)
- NLCF※1計画 -
総合性能(1ペタ超)と広い分野での利用を目指す

国防省(DOD)の活動

- HPCS※2計画 -
TOP500にこだわらない、より総合的な生産性を重視した新世代スパコンの開発(性能1ペタ超)を目指す

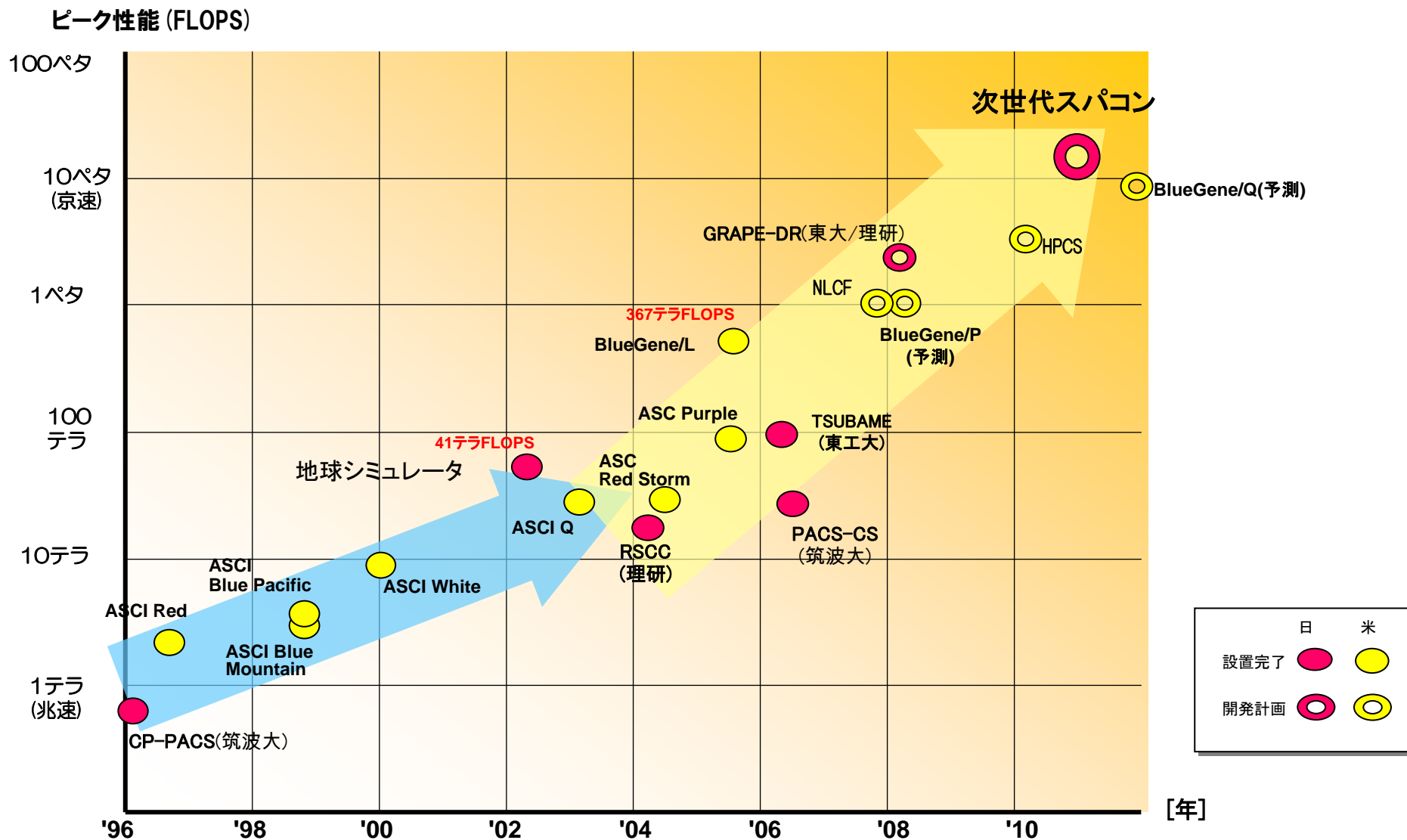
米国科学財団(NSF)の活動

- Cyber Infrastructure計画 -
2010年に1ペタを目指す

※1 NLCF: National Leadership Computing Facility

※2 HPCS: High Productivity Computing System

日米の主要なスパコン開発



3. 「次世代スーパーコンピュータ」 プロジェクト

「次世代スーパーコンピュータ」プロジェクト

最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用

平成19年度概算要求額: 8,700百万円
(平成18年度予算額 3,547百万円)
平成18年度～平成24年度

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

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年度の完成)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
- (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

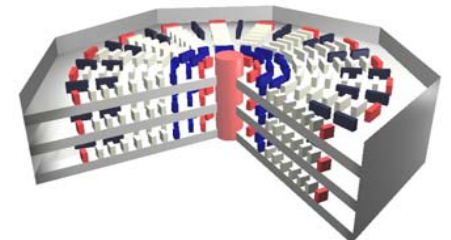
を文部科学省のイニシアティブにより、開発主体を中心に産学官の密接な連携の下、一体的に推進する。

○平成18年度 事業内容

- ・ハードウェア(計算機システム等)の設計・研究開発
- ・ソフトウェア(OS、ミドルウェア、アプリケーション)の設計・研究開発
- ・建屋の設計等

○平成19年度 事業内容

- ・ハードウェア(LSI等)の設計・研究開発
- ・ソフトウェア(OS、ミドルウェア、アプリケーション)の設計・研究開発
- ・建屋の設計・建設



次世代スーパーコンピュータのイメージ

全体スケジュール

年度		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	
開発項目	評価等	★マネジメント体制 開発ターゲット、 計算機システムの 構成等 ★設計本格化 ★仕様・実装内容の判断 (概念設計内容、開発体制、立地・運用方針、 採用する半導体プロセスの決定等) ★外部評価により 設計内容の適否を判断 ★詳細なハードウェア要件、LSIの論理構成概略仕様等				研究開発状況★ 評価(システム性能 機能等)	COE形成、運用評価★ (利用状況、研究成果、 人材育成状況等)		
	システムソフトウェア	基本ソフトウェア・グリッドミドルウェア設計・製作			評価				
ソフトウェア	グランドチャレンジ アプリケーション	次世代ナノ統合シミュレーション設計・製作			評価				
		次世代生命体統合シミュレーション設計・製作					評価		
ハードウェア	概念設計	詳細設計			製作		システム強化		
ファイルシステム			設計	製作		システム強化			
立地、建屋・付帯設備整備	検討	設計	建設						
運用	意見募集			方針・体制の検討		準備活動	運用		

★:総合科学技術会議による評価等

プロジェクト体制

文部科学省 スーパーコンピュータ整備推進本部

- ・予算措置に関する事項(関係施策の企画・立案、予算要求等)
- ・法律に関する事項(利用にかかる基本方針の策定等)
- ・プロジェクトの総合調整(政府部内の調整等)

プロジェクト推進委員会

- ・関係機関の連絡調整
- ・施策の企画・立案に資する重要事項の審議検討

スーパーコンピューティング技術産業応用協議会

連携

開発体制

理化学研究所

次世代スーパーコンピュータ開発実施本部

プロジェクトリーダー : プロジェクトの統括

- ・計算機システムの開発
- ・施設の整備(立地の検討を含む)
- ・共用法に基づく共同利用体制の整備等
- ・関係機関の調整、とりまとめ等

グリッドミドルウェア

拠点: 国立情報学研究所

ナノ統合シミュレーション

拠点: 分子科学研究所

生命体統合シミュレーション

拠点: 理化学研究所
和光研究所

企業、大学・研究機関等

アドバイザリーボード

助言

評価

外部評価委員会

産業界との協力体制

文部科学省

理化学研究所（開発主体）

○次世代スーパーコンピュータ
共用WG

産応協のメンバーが委員として参画

○プロジェクト推進委員会
連絡調整と施策の企画・立案に
資する重要事項の審議検討

提案

協力

○アプリケーション検討部会
産応協のメンバーが委員として参画

スーパーコンピューティング技術産業応用協議会

委員長

運営委員会

運営小委員会

事務局

先端ソフト
ウェア産業
応用部会

グリッド
産業応用
部会

スーパー
コンピュータ
部会

スーパー
コンピュー
ティング
施策部会

会員（参加企業・団体・機関）

1. 経緯

産業界が、次世代スーパーコンピューティングの産業応用を推進するため、平成17年12月に設立した。

2. 本協議会の活動概要

産業界ユーザーの窓口として、開発・運用側への意見具申、普及・利用推進、情報共有を図る。

3. 参加機関

- ・ライフサイエンス分野(化学、医薬品等) : 46機関
 - ・ものづくり分野(自動車、電機・情報、ソフトウェア等) : 96機関
 - ・社会基盤の整備分野(建設、エネルギー、鉄道等) : 13機関
 - ・その他 : 8機関
- 計163機関

平成18年9月30日現在

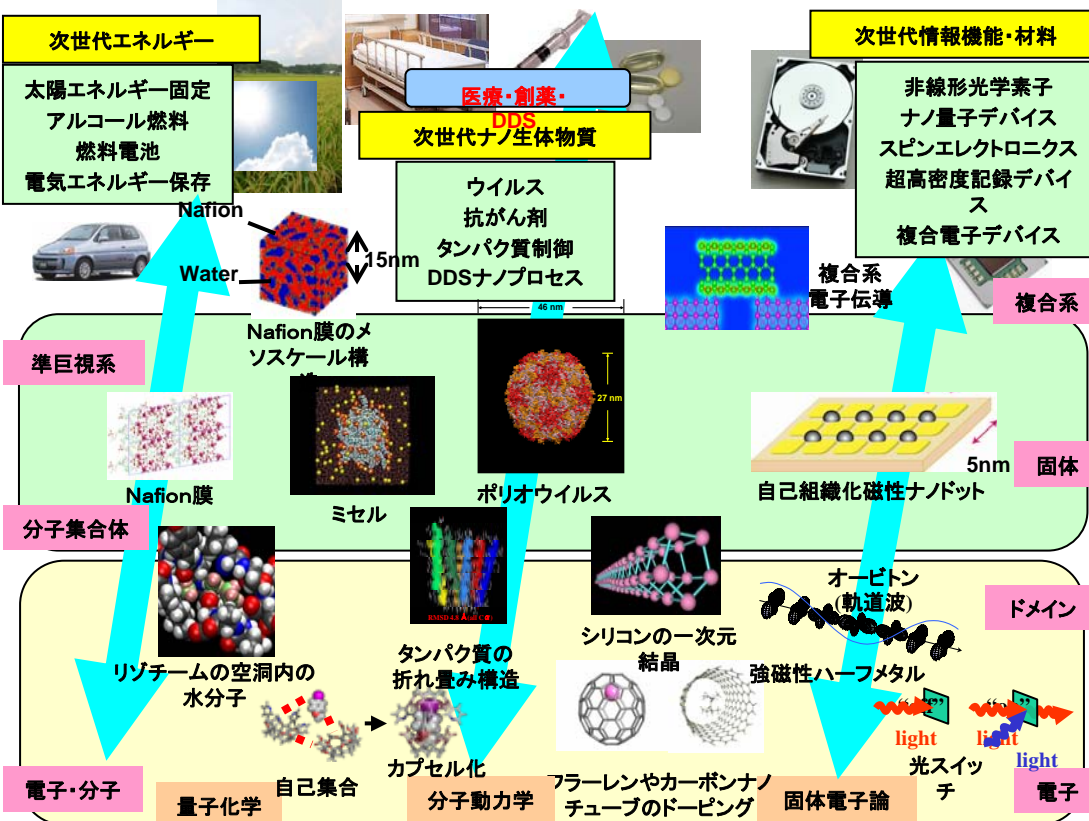
グラウンドチャレンジ・アプリケーション

次世代ナノ統合シミュレーションソフトウェア

(平成18~22年)

次世代生命体統合シミュレーションソフトウェア

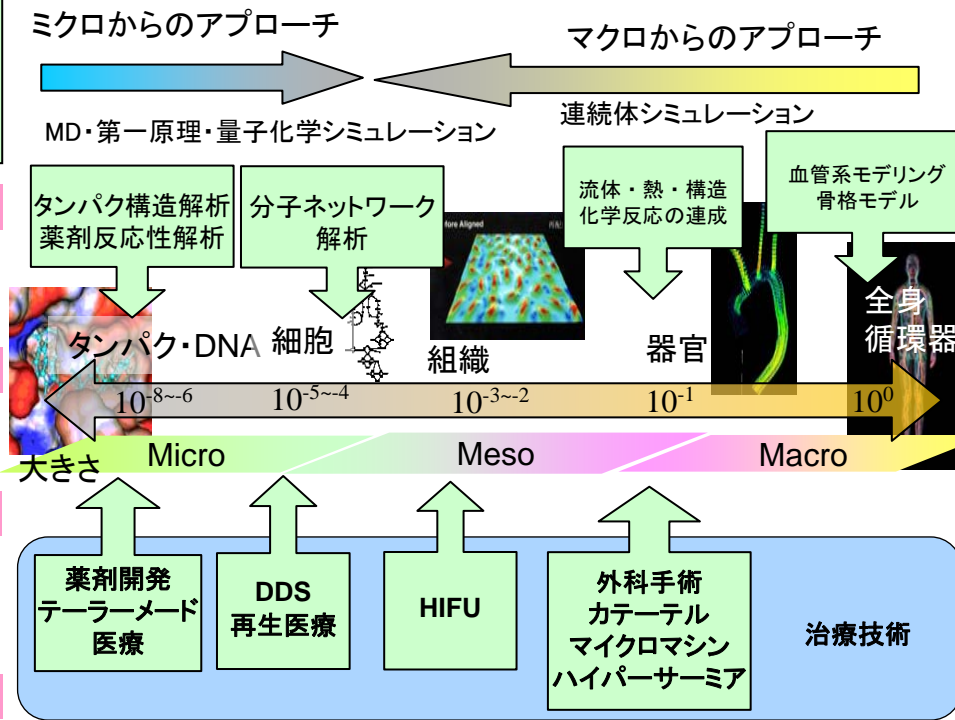
(平成18~24年)



拠点：分子科学研究所

次世代情報機能・材料、ナノ生体物質、エネルギーの分野において、量子化学、統計力学、固体電子論などの理論や基礎となるシミュレーション手法を統合したシミュレーションにより、次世代ナノ材料(新半導体材料等)の創出を目指す。

マルチスケール人体シミュレーション

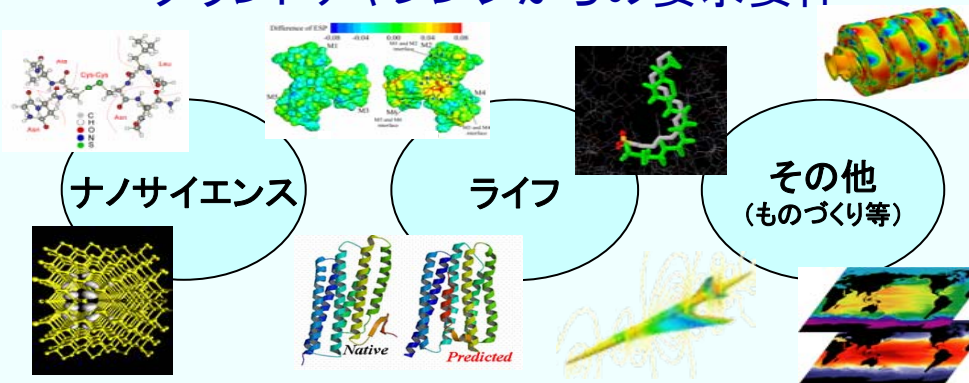


拠点：理化学研究所 和光研究所

ペタスケールのシミュレーション技術によって、ライフサイエンスの諸課題解決にブレークスルーをもたらす新たな手段を提供し、生命現象の統合的な理解と医薬品・医療機器、診断・治療方法の開発に繋げる。

システム構成 最適化の考え方

グランドチャレンジからの要求要件

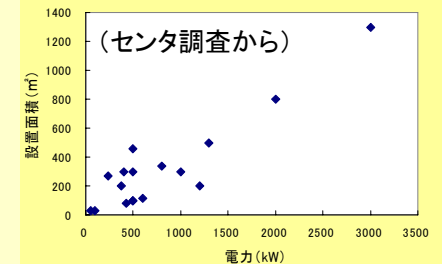


制約条件

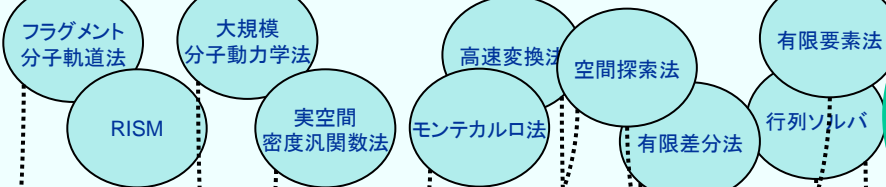
電力, 設置面積

信頼性, 保守性

コスト(開発費, 製造費, 保守費等)



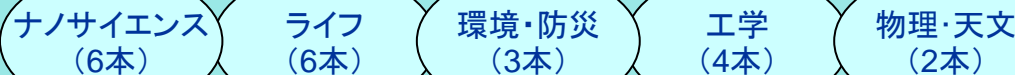
重要な解析手法



最適なシステム構成
世界最速 (完成時)

ターゲットアプリケーションによるシステム検討

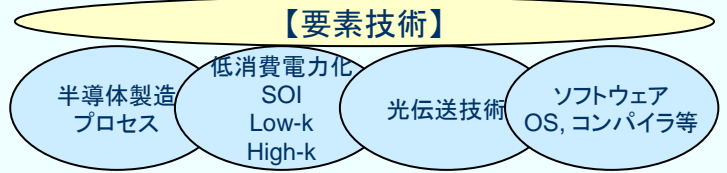
- 5分野, 21本のベンチマークテストを抽出



【海外調査】
HPC分野の動向
(開発計画, 予算等)

【国内技術調査】
システム
アーキテクチャ

【運用・利用】
(メモリ容量, ファイル容量, システム運用,
ユーザー管理, 保守条件等)

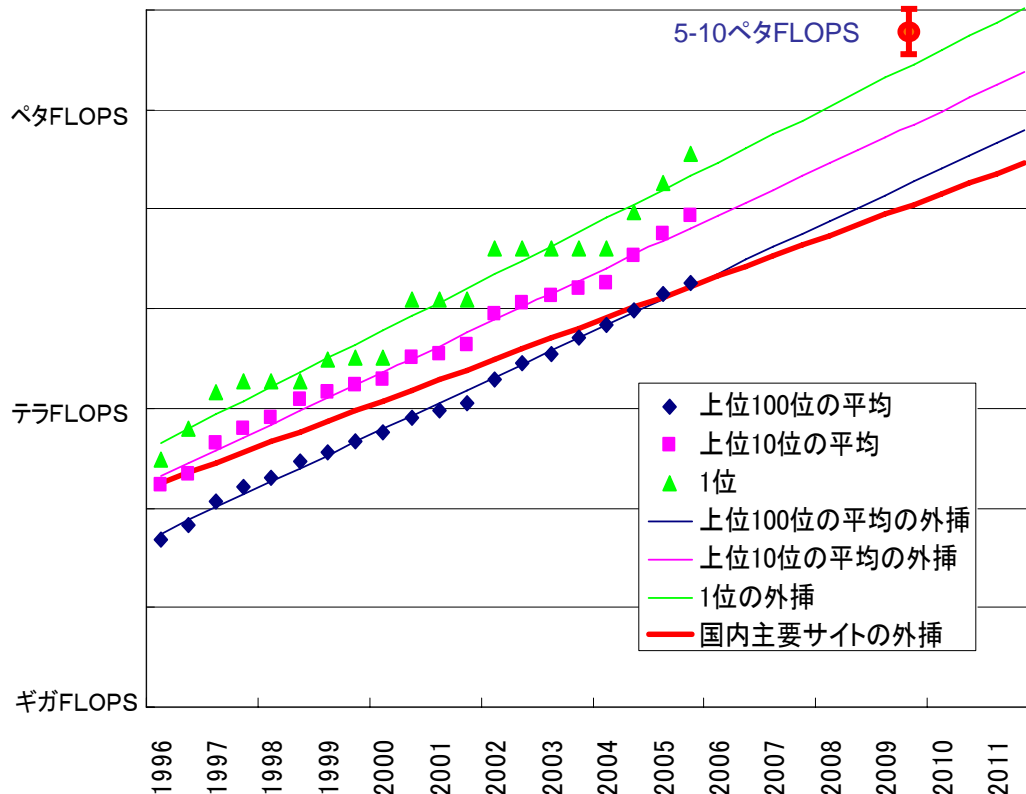


産業への波及効果
技術条件、運用条件

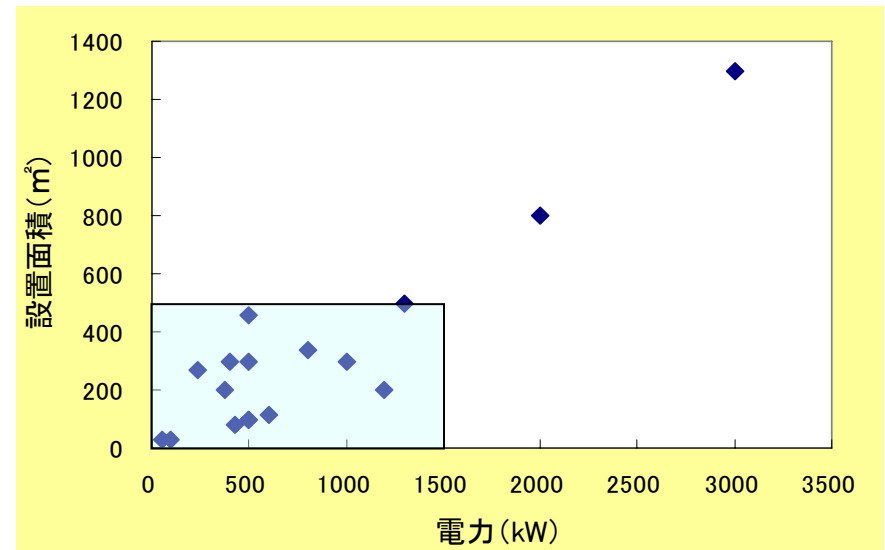
スパコンセンター調査

- 国内計算機センターのスパコンの性能は長期低落傾向にある。
- 国内の計算機センターは年率1.6倍の性能向上。
- 世界的には年率1.8倍で性能が上昇。
(TOP500リストによる)
- 2011年の世界最速のシステムは、5-10ペタFLOPS。

- 現状の施設設備を変えずに、次世代スパコンの縮小版が入れられる必要がある。
 - 設置面積, 受電設備許容量には制限がある。
ほとんどの計算機センターは、
 - 設置面積 : 約500m²以下
 - 受電設備容量: 1.5MW以下
- 2011年頃の国内最大級のスパコンの性能は約500TFLOPSと推測できる。



消費電力と設置面積の相関



ターゲット・アプリケーション検討

- ・「アプリケーション検討部会」にて、21種(予備4種)のターゲット・アプリケーションの候補を選定。
- ・日立製作所、九州大学、東京大学、筑波大学、国立天文台、海洋研究開発機構、日本電気、富士通と共同研究契約を結び、ターゲット・アプリケーションによるアーキテクチャの性能評価を実施。

【ライフ分野】

	名称
候補	巨大タンパク質系の第一原理分子動力学計算
候補	タンパク質立体構造の予測
候補	血流解析シミュレーション
候補	オーダーメイド医療実現のための統計的有意差の検証
候補	薬物動態の解析・予測
候補	遺伝子発現実験データからの遺伝子ネットワークの推
次候補	タンパク質-薬物ドッキング計算

【ナノ分野】

	名称
候補	分子動力学計算
候補	FMO分子軌道法計算
候補	疎視化分子動力学計算
候補	実空間第一原理分子動力学計算
候補	平面波展開第一原理分子動力学計算
候補	溶液中の電子状態の統計力学的解析
次候補	低次元強相関電子系の数値繰り込み群による解析

【物理・天文分野】

	名称
候補	天体の起源を探る超大規模重力多体シミュレーション
候補	格子QCDシミュレーションによる素粒子・原子核研究

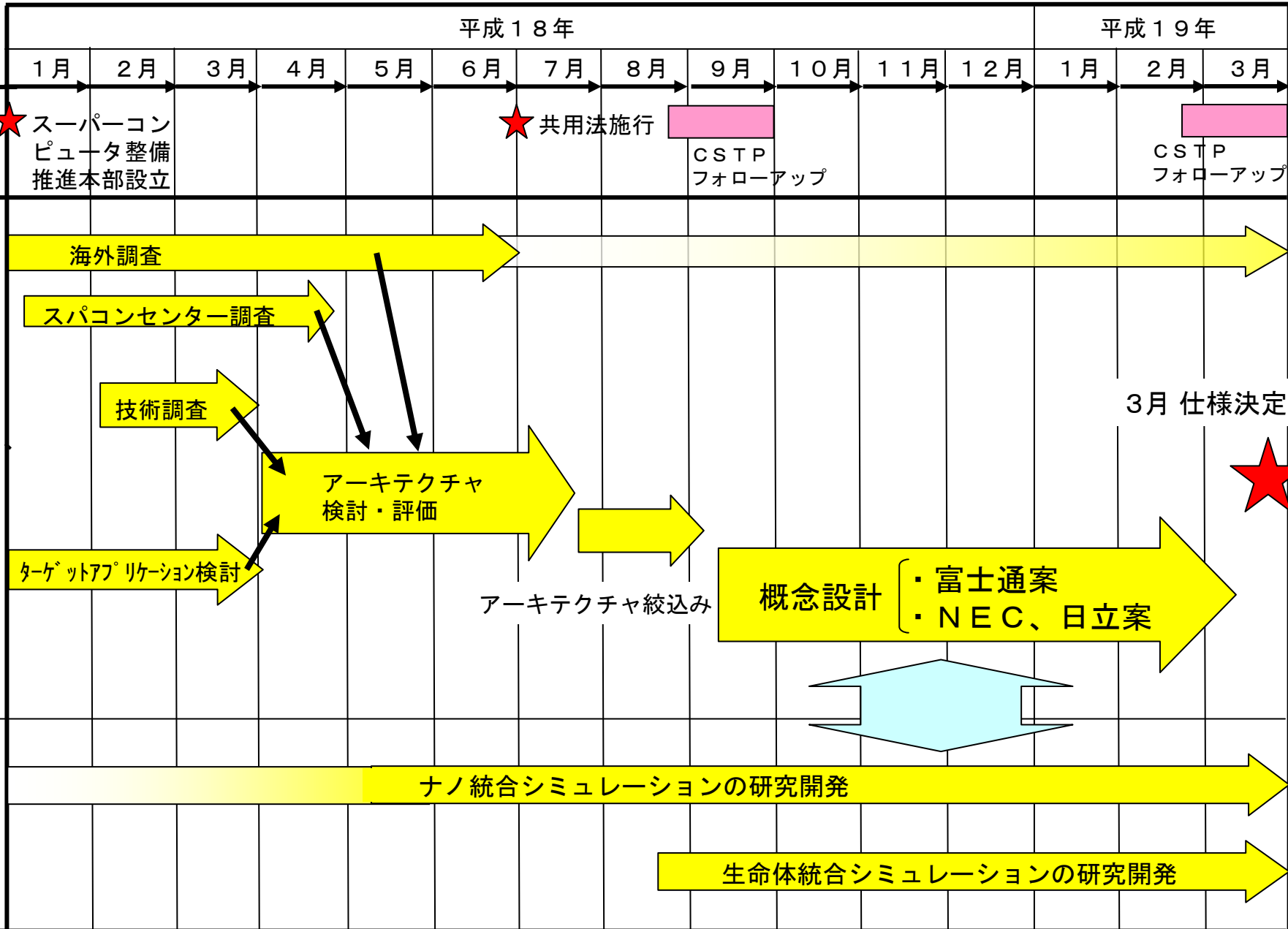
【地球科学分野】

	名称
候補	地震波伝播・強振動シミュレーションモデル
候補	全球雲解像大気大循環モデル
候補	超高解像度海洋大循環モデル
次候補	全球雲渦解像結合モデル

【工学分野】

	名称
候補	有限要素法による構造計算
候補	有限差分法によるキャビテーション流れの非定常計算
候補	航空機解析における圧縮性流体計算
候補	Large Eddy Simulation (LES)に基づく非定常流体解析
次候補	ボクセル手法による流体構造連成解析

プロジェクトの進捗状況と今後の予定



計算機
システム開発
(ハードウェア
システムソフト
ウェア)

グランド
チャレンジ
アプリケーション

特定先端大型研究施設の共用の枠組み

国(文部科学省) 共用の促進に関する基本的な方針の策定

実施計画の認可

実施計画の認可
業務規程の認可
改善命令

(開発)

理化学研究所

- ◇次世代スーパーコンピュータの開発、高速計算機施設の建設・維持管理 等
- ◇SPring-8の共用施設の建設・維持管理 等

先端的な研究施設の開発にポテンシャルを有する理化学研究所が施設の開発等を実施。

連携

(共用)

登録機関

- ◇利用者選定業務
外部専門家の意見を聞きつつ、研究等を行う者の選定 等
- ◇利用支援業務
情報の提供、相談等の援助

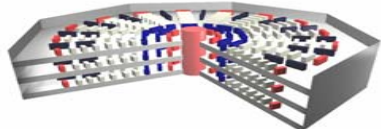
外部
専門家

公平かつ効率的な共用を行うため、施設利用研究に専門的な知見を有する、開発主体とは別の機関が共用業務を実施

特定先端大型研究施設

世界最高レベルの性能を有し、広範な分野における多様な研究等に活用されることによりその価値が最大限に発揮される大型研究施設

次世代スーパーコンピュータ
(今回の法改正で追加)



利用者のニーズ

広範な分野の
研究者の活用

- 公正な課題選定
- 情報提供、研究相談、技術指導等

利用の応募

利用者(民間、大学、独立行政法人、基礎研究から産業利用まで幅広い利用)

独立行政法人

大学

民間

科学技術・学術研究の基盤となるスパコンネットワークの構築

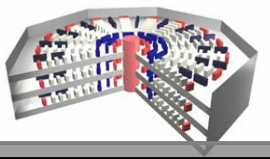
従来

ネットワークを介さないスタンドアロン※1な運用を行っていた。

将来

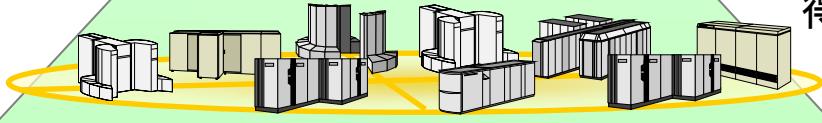
次世代スパコンを頂点にネットワークを介し、幅広い共用を推進する。

次世代スパコン



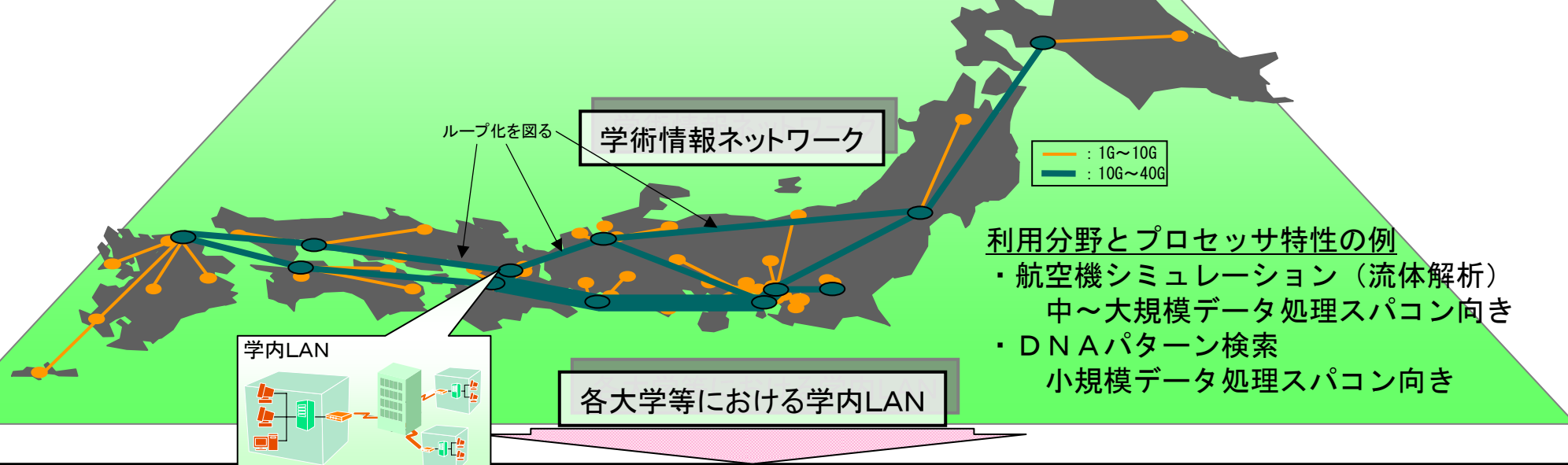
大規模データを扱う計算を得意とするスパコン

大学・研究機関のスパコン



小～中規模データを扱う計算を得意とするスパコン

科学技術・学術研究の基盤となるスパコンネットワークによって、様々な規模のスパコンの各々が得意とする計算を連携しながら行えることで、我が国のスパコン資源を効率的に利活用することができる。

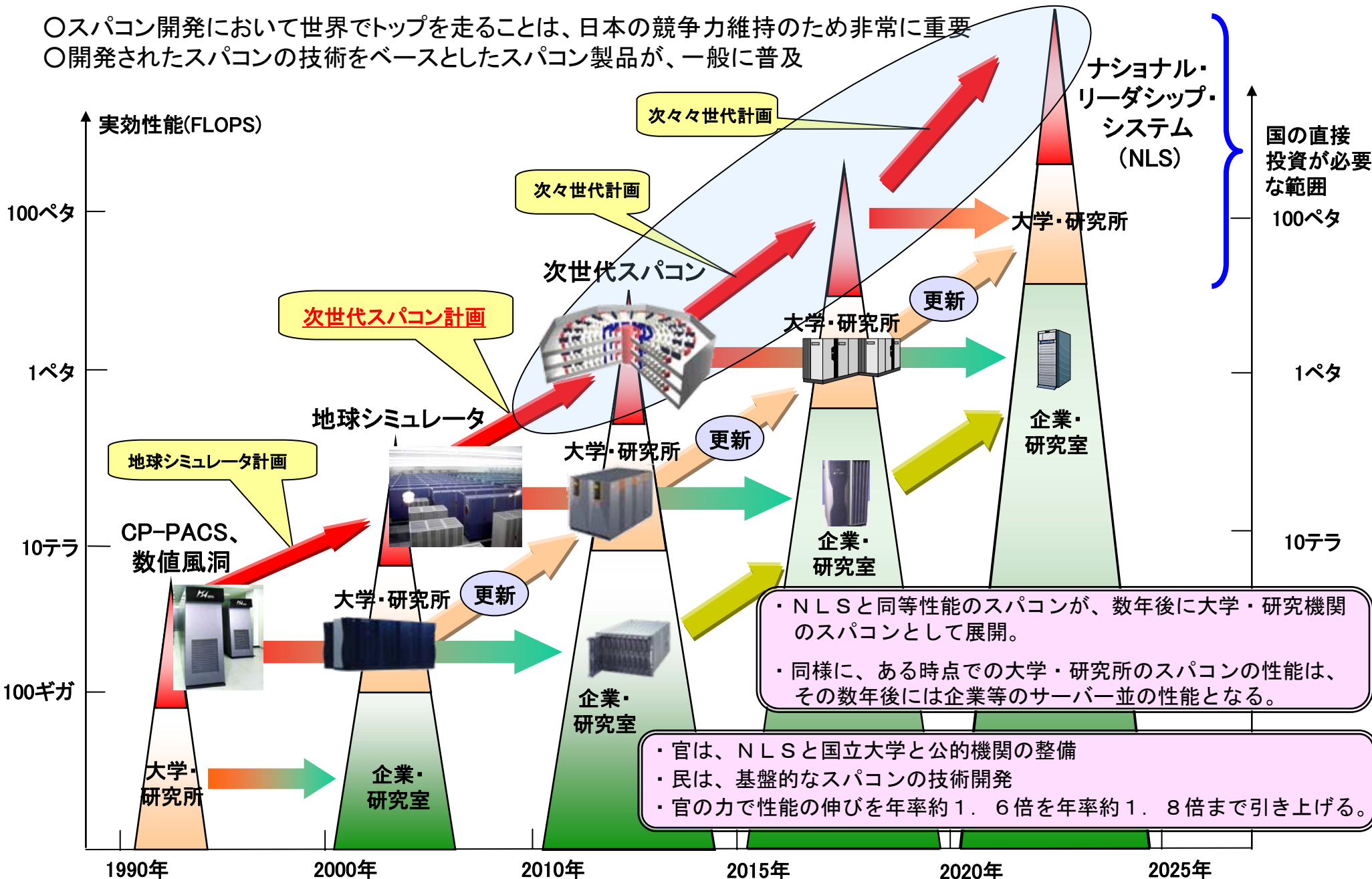


安心して研究教育に専念できる最先端学術情報基盤の完成

※1：ネットワークを使わずに計算機の近くで運用すること。

継続的な最高性能スパコンの追求と垂直展開

- スパコン開発において世界でトップを走ることは、日本の競争力維持のため非常に重要
- 開発されたスパコンの技術をベースとしたスパコン製品が、一般に普及

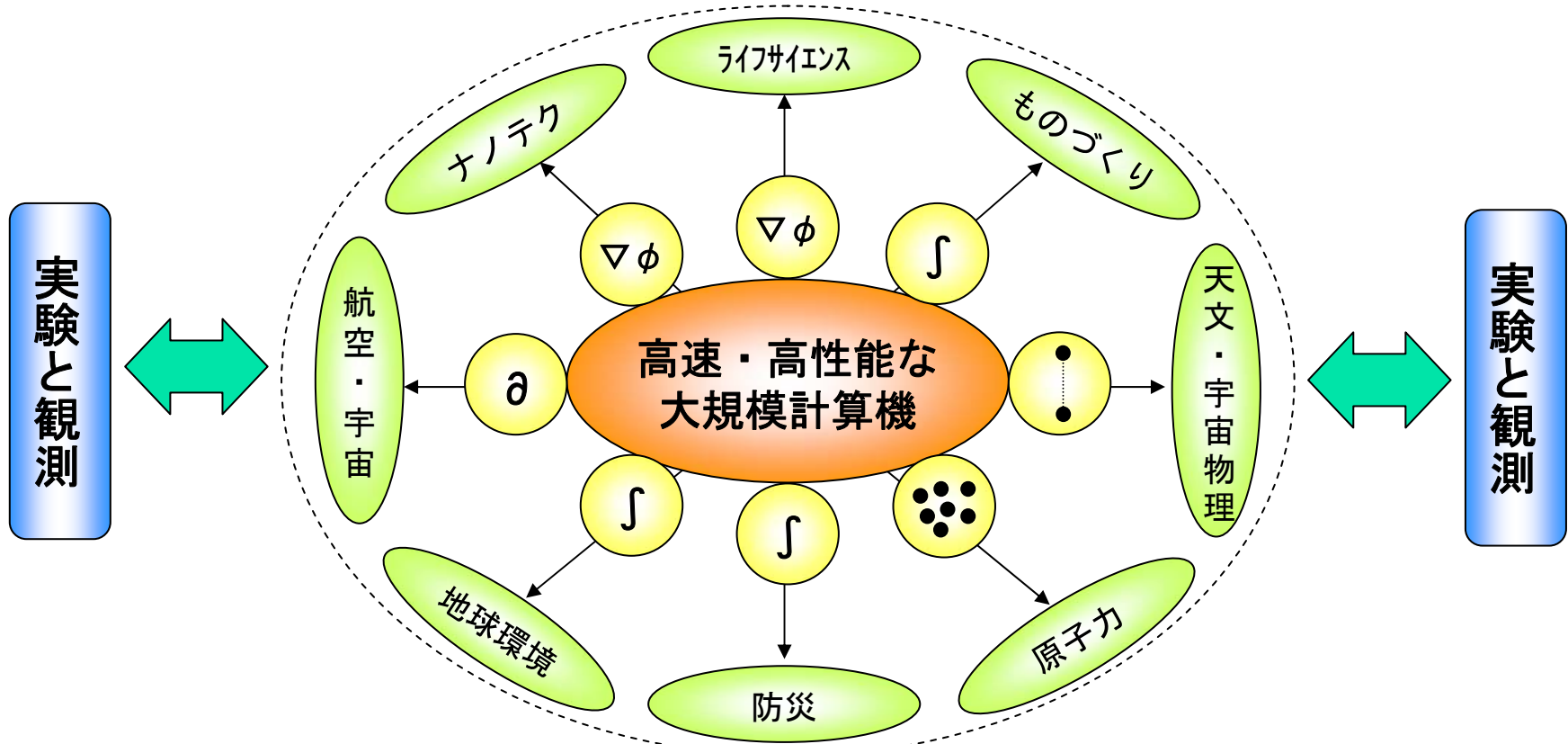


4. 次世代スーパーコンピュータの 技術課題

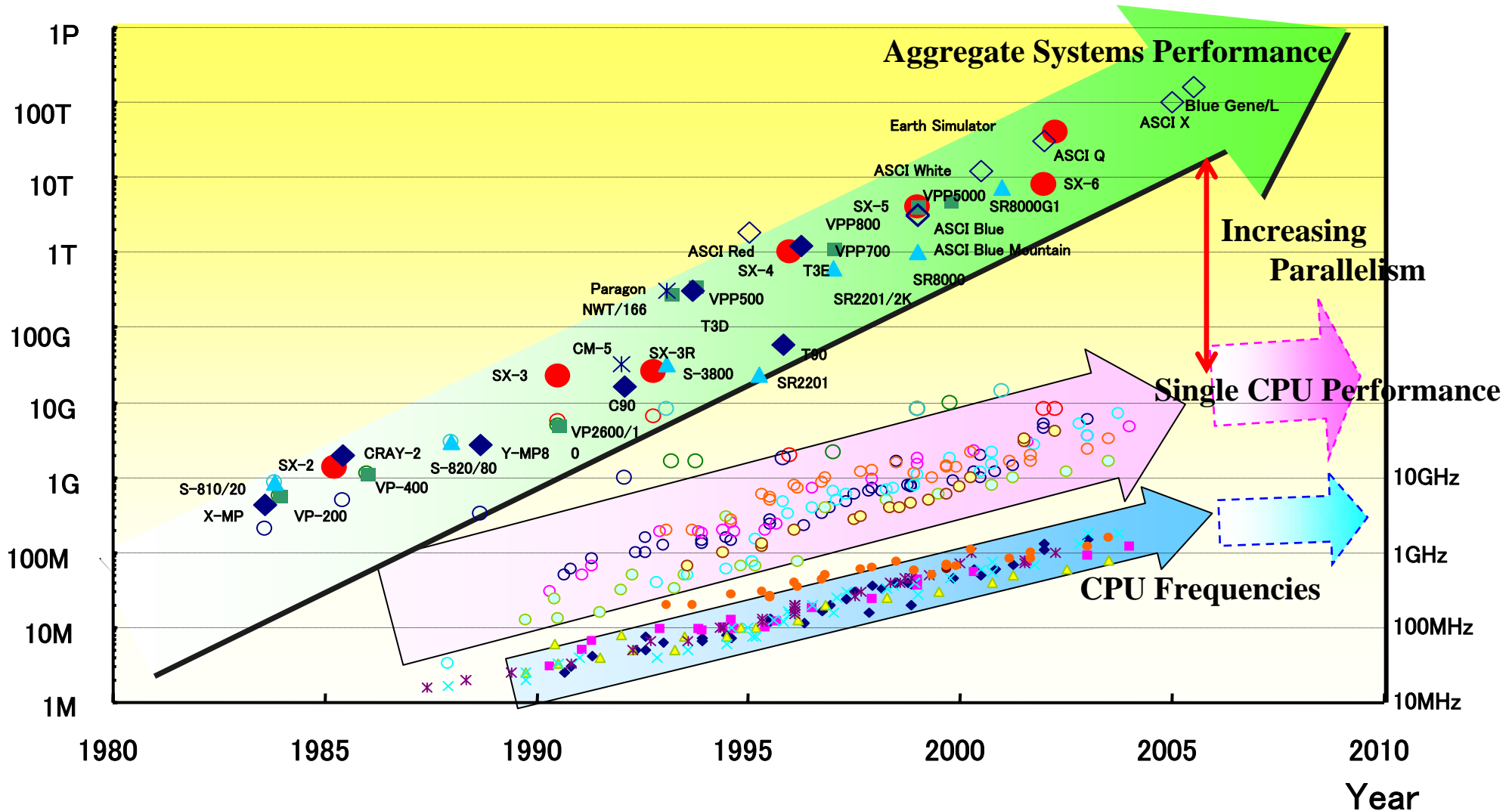
計算科学における三つの挑戦的な課題

～ダグラス・ポスト、ローレンス・ボタ(高部英明訳)「パリティ」Vol. 21, NO. 07, 2006-07～

- ① 計算能力の向上への挑戦 → より高速・高性能な大規模計算機の開発
- ② プログラム作成への挑戦 → より複雑な計算機を駆使するプログラム開発
- ③ 複雑な物理現象の予言への挑戦 → 本当の意味の予言が可能である複雑なプログラムの開発



History of High Performance Computers

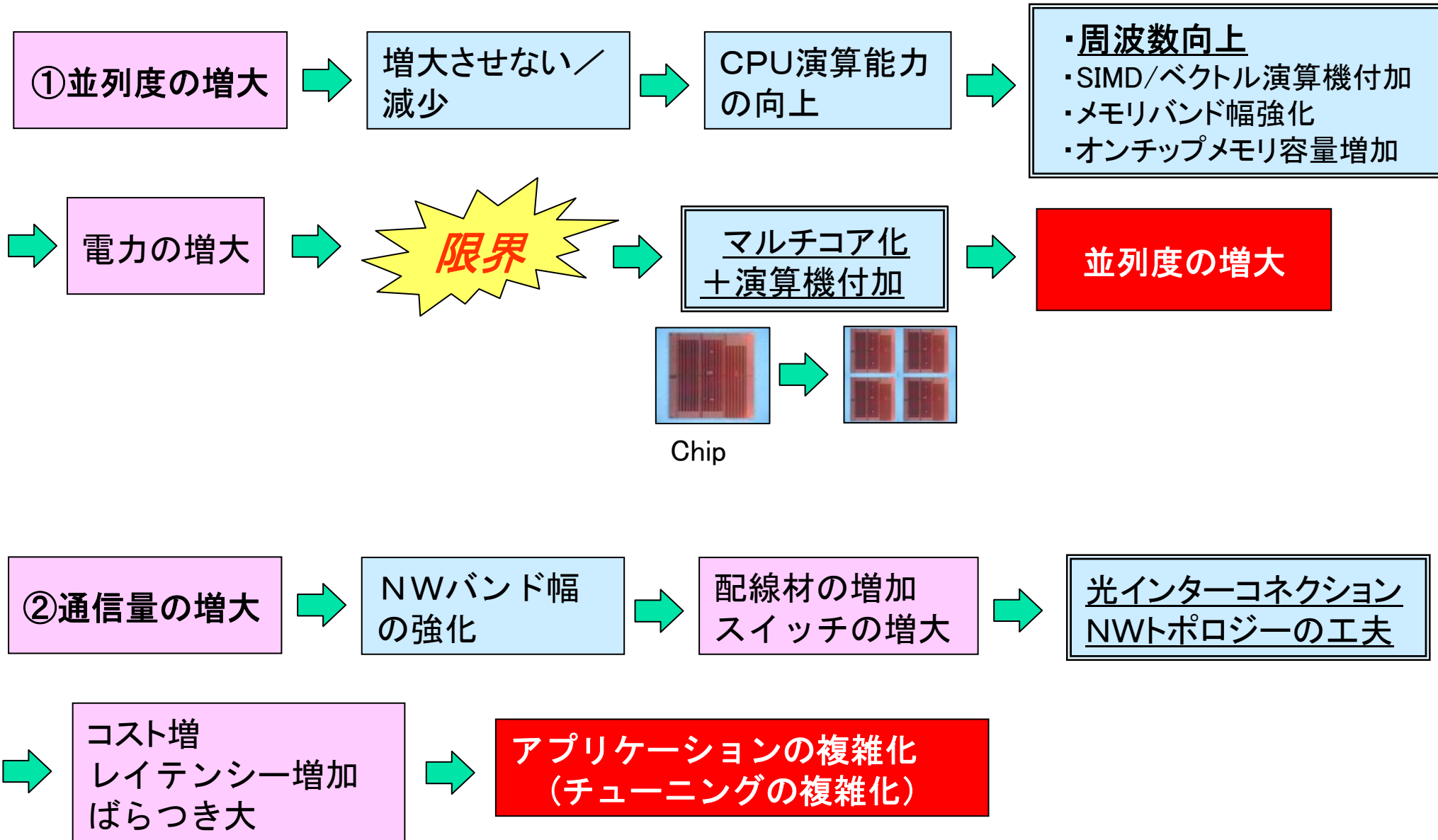


HPCアーキテクチャの変遷

	単一CPU型		共有メモリ型	(共有)分散メモリ型		
システム構成イメージ						
CPU数	1CPU	1CPU	~数十CPU	~数百CPU	~数千CPU	>数万CPU
CPU種類	スカラー	ベクトル	スカラー/ ベクトル	スカラー/ ベクトル	←	←
言語	Fortran	ベクトル化Fortran	並列(ベクトル) Fortran	並列(ベクトル) Fortran/C, MPI	←	←
チューニング	コンパイラ レベル	ベクトル チューニング	並列/ベクトル チューニング	並列 チューニング	←	←

P: Processor、P (S):スカラー、P (V):ベクトル
M: Memory

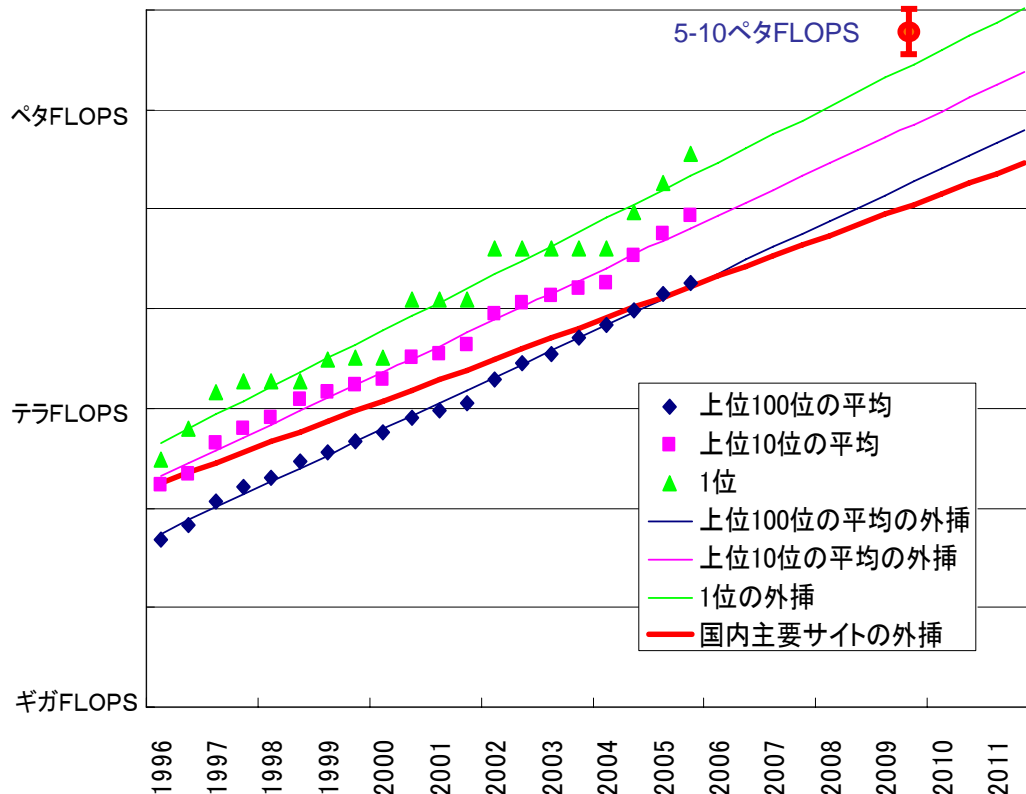
システム上の課題



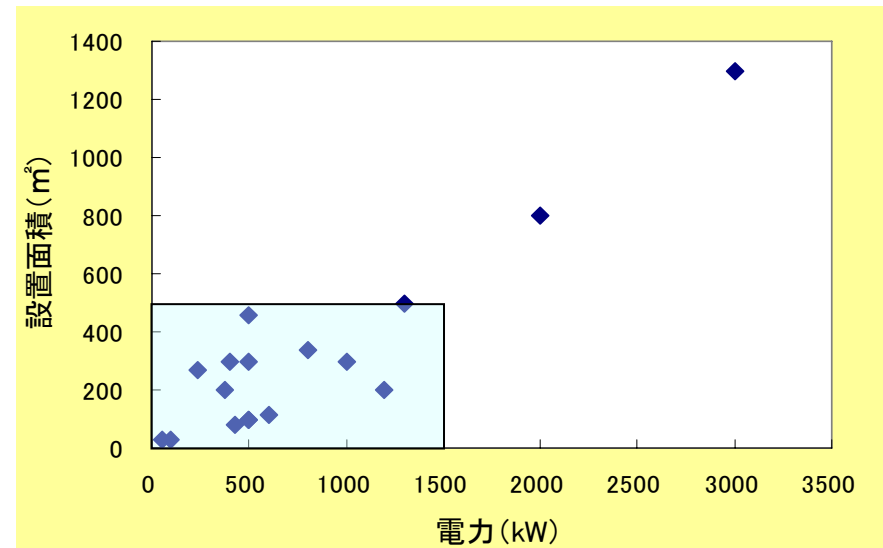
スパコンセンター調査

- 国内計算機センターのスパコンの性能は長期低落傾向にある。
- 国内の計算機センターは年率1.6倍の性能向上。
- 世界的には年率1.8倍で性能が上昇。
(TOP500リストによる)
- 2011年の世界最速のシステムは、5-10ペタFLOPS。

- 現状の施設設備を変えずに、次世代スパコンの縮小版が入れられる必要がある。
 - 設置面積, 受電設備許容量には制限がある。
ほとんどの計算機センターは、
 - 設置面積 : 約500m²以下
 - 受電設備容量: 1.5MW以下
- 2011年頃の国内最大級のスパコンの性能は約500TFLOPSと推測できる。



消費電力と設置面積の相関



Power Estimates for PetaFLOP systems

2008:

- Intel processor based: 18-27 MW
- AMD processor based: 24-36 MW

(Estimates based on vendor roadmaps, caps on power/socket; including processors, disks and interconnect.)

2011:

- Intel processor based: 6-9 MW
- AMD processor based: 9-13 MW

Welcome comments on other possible solutions here.

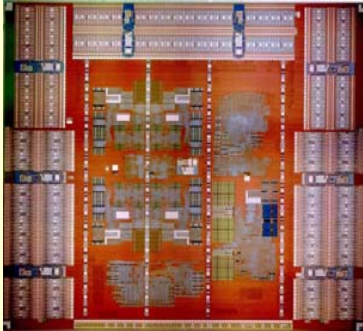
Approximate sizes of some current obligations:

Purple – 4.8 MW
BG/L – 1.7 MW
Q – 3 MW
Red Storm – 2MW

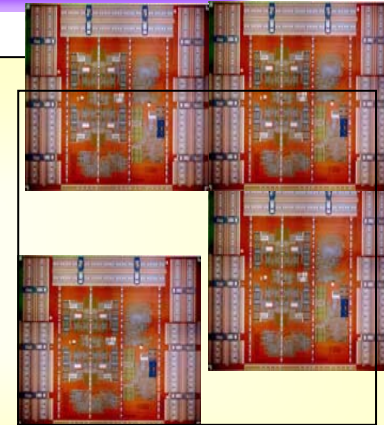
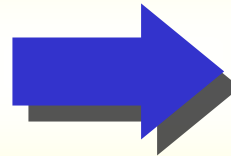
With cooling, multiply by 1.5-2 !

Increasing Parallelism

Device Technology



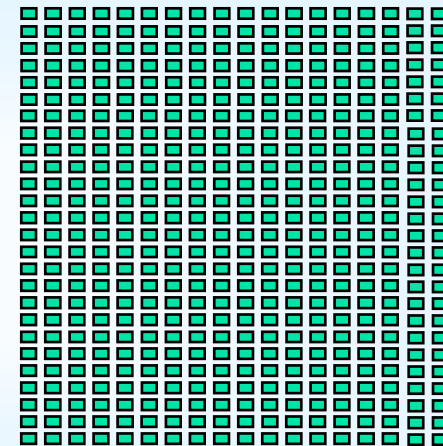
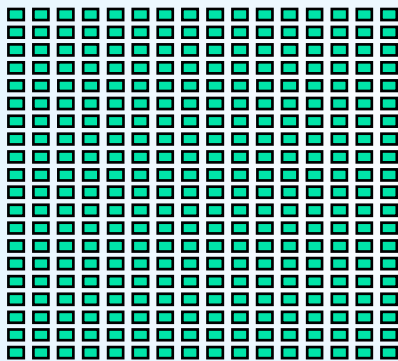
Single Core



Multi Core

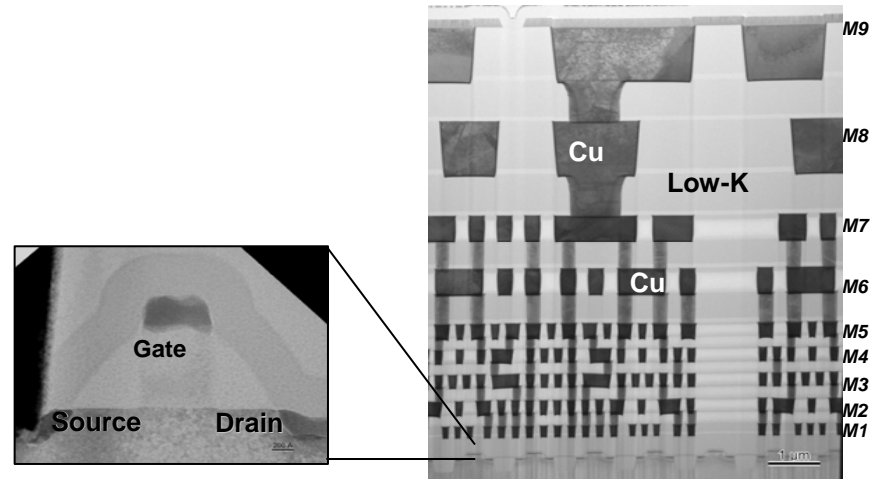
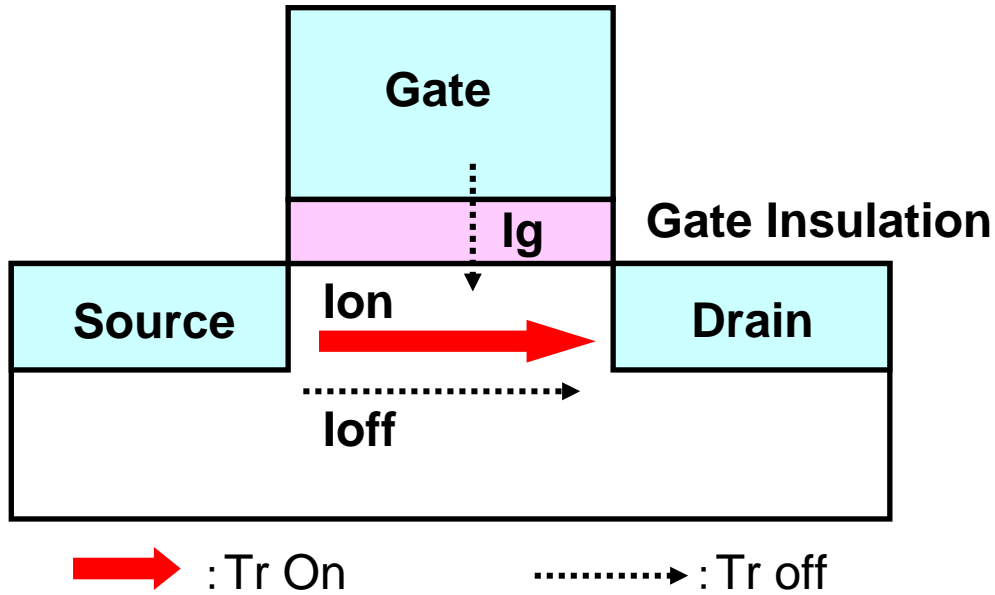
System Technology

(Parallelism)



More Parallel

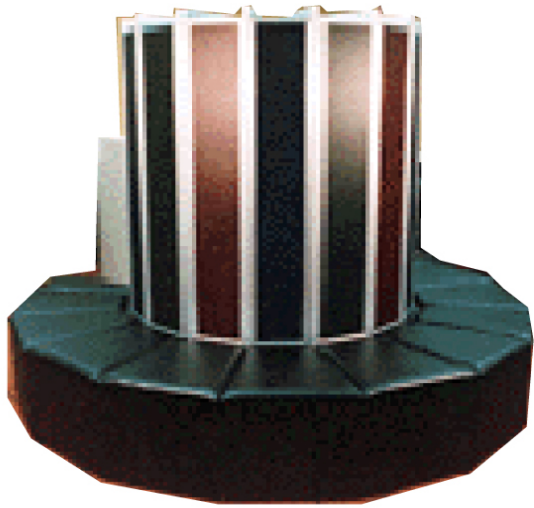
Increasing Electricity per Chip



$$\text{Power} = \frac{f \cdot C_i \cdot v^2}{Op \cdot \text{Power}(\text{wiring})} + \frac{f \cdot C_t \cdot v^2}{Op \cdot \text{Power}(\text{Tr})} + \frac{(I_{off} + I_g) \cdot v}{\text{Std-by Power}}$$

➡ Multi-Core without Increasing Frequency

Increasing Power and Foot-Print



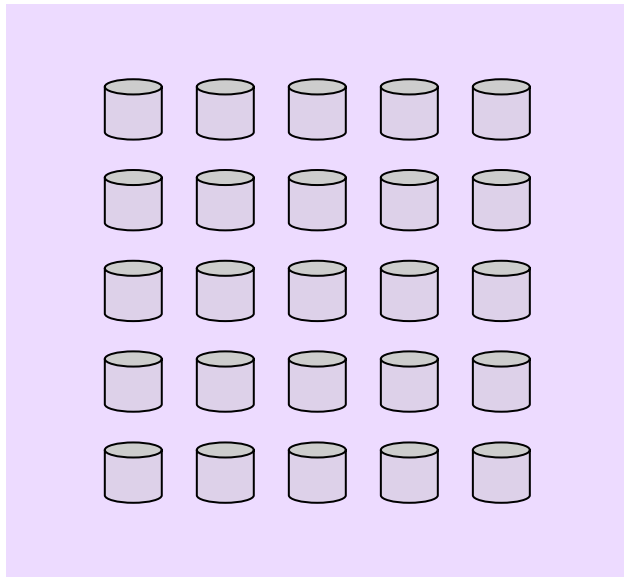
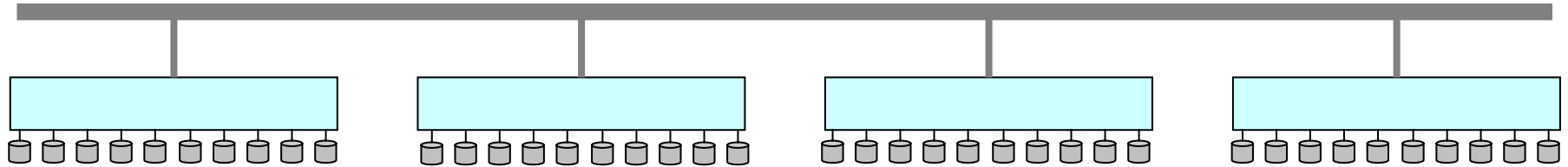
Cray-1



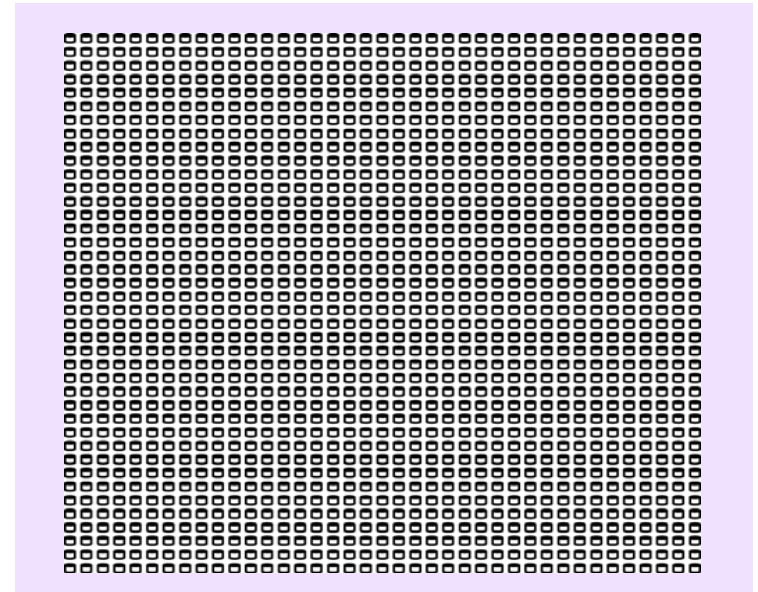
Earth Simulator

Sourced from http://www.thocp.net/hardware/cray_1.htm

Increasing Storage (Data Explosion)

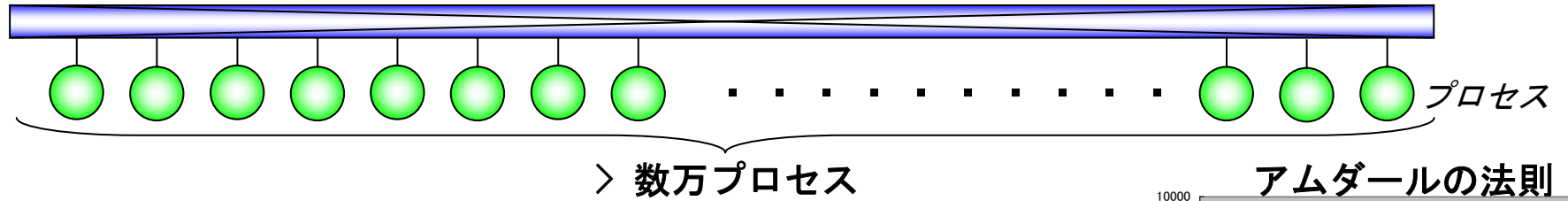


Peta Bytes

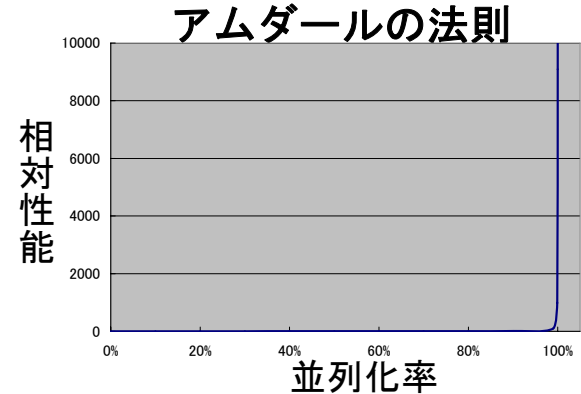
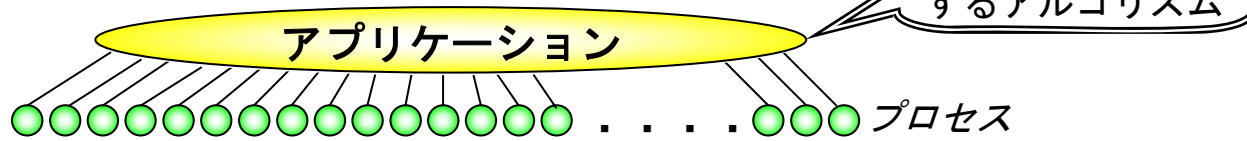


Exa Bytes !

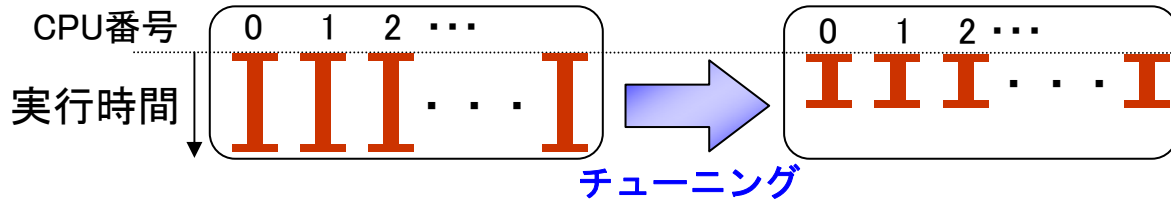
並列化チューニング



①並列度の増大 → 並列化率：99.999%以上

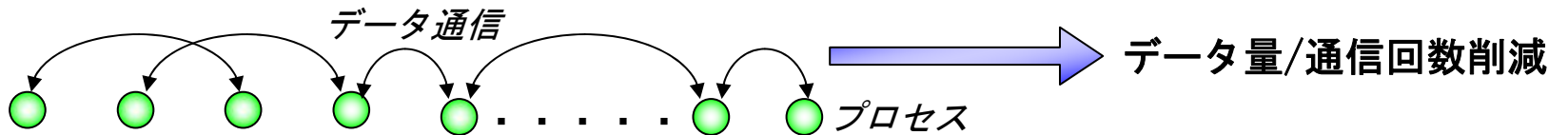


②CPU（プロセス）チューニング



- チューニング手法
- キャッシュ/ソフトウェアパイプライン
 - ベクトルチューニング
 - ...

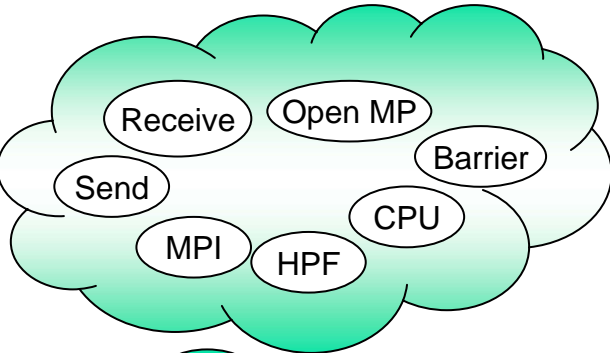
③通信量削減



④ロードバランス



Increasing Complexity of Programming



Serial Code

```
real*4 X(400)
do 10 i=1,400
  X(i)=i
10 continue
S=0
do 30 i=1,400
  S=S+X(i)
30 continue
write(6,*) '1+...+400=',S
stop
end
```

MPI

```
parameter (n=400, np=4)
parameter(masterpid=0)
real*4 X(400)
integer to_p,from_p,tag,mypid,pnum
call MPI_init(4)
call MPI_comm_rank(MPI_COMM_WORLD,mypid)
call MPI_comm_size(MPI_COMM_WORLD,pnum)
if(mypid.eq.masterpid) then
  do 10 i=1,400
    X(i)=i
  10 continue
  do 20 to_p=1,3
    tag=0
    call MPI_send(X(100*to_p+1),100,MPI_REAL,to_p,tag,MPI_COMM_WORLD)
  20 continue
else
  from_p=0
  tag=0
  call MPI_recv(X(1),100,MPI_real,from_p,tag,MPI_COMM_WORLD,idummy)
endif
S=0
do 30 i=1,100
  S=S+X(i)
30 continue
if(mypid.ne.masterpid) then
  to_p=0
  tag=1
  call MPI_send(S,1,MPI_REAL,to_p,tag,MPI_COMM_WORLD)
else
  do 40 from_p=1,3
    tag=1
    call MPI_recv(SS,1,MPI_REAL,from_p,tag,MPI_COMM_WORLD,idummy)
    S=S+SS
  40 continue
  write(6,*)'1+..+400=',S
endif
call MPI_barrier(MPI_COMM_WORLD)
call MPI_finalize
stop
end
```

スパコンセンター調査／共用WG*より

～ スパコンセンター調査 ～

- プログラムから結果への出力までのユーザーのワークフロー全体を通じて、高い生産性を確保できるアーキテクチャおよびソフトウェア環境
- ソフトウェアのポータリングやチューニング等に関する高度なスキルを備えた人材の育成
- 計算機システムとアプリケーションの橋渡しができるような人材を育成していくための取組み

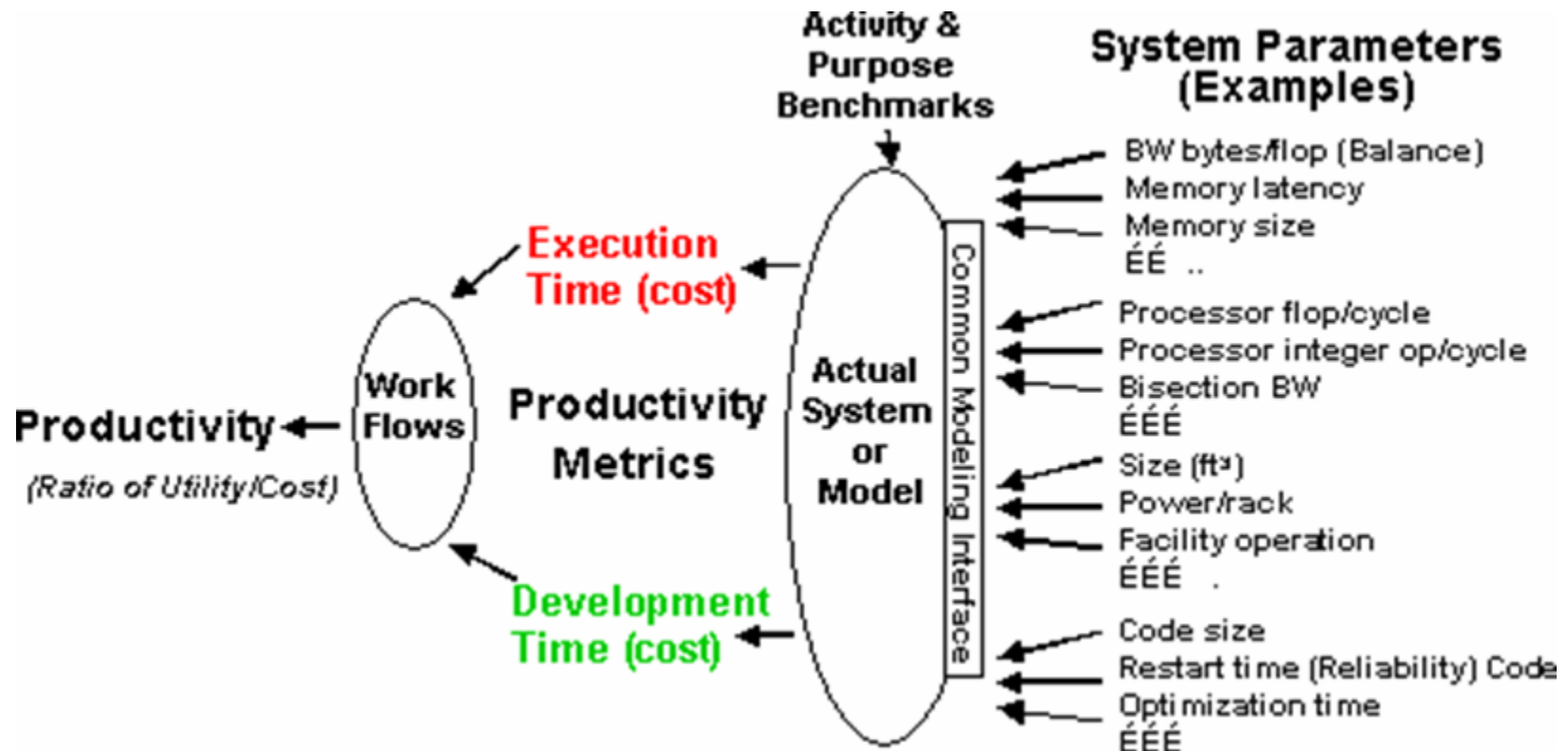
～ 共用WG* ～

- 計算機の開発者とアプリケーションの研究者との橋渡しを行なうサポート人材が必要
- 特定高速電子計算機施設が多くの研究者等に効果的かつ効率的に利用されるためには、(中略)、利用に関する相談へ対応すること及び適切な計算プログラムを調整すること

米国の状況

● DARPA HPCS (High Productivity Computer Systems) プロジェクト

- 目標:
- ・18ヶ月毎に生産性(あるいは価値)を2倍にするシステムを開発すること
 - ・目標性能: 2010年までに実効1ペタFlops以上
 - ・アプリケーションの実行時間および開発期間をコストと捉え、成果/コストを高めるシステムを開発すること



Power Problem

- Mostly Depends on Device Technology
- Can't Expect to be Resolved by Revolutionary Technologies
 - SFQ?
 - Quantum Computer ???
- Evolutional Development
 - New Device Structure
 - New Materials
 - Power Management, etc.
- Architectural Approach
 - Application Specific Accelerator
 - SIMD/Vector Accelerator ...

More Parallelism

- Nine Lessons Learned in the Design of CDC6600 by N. R. Lincoln (1977) –
It's Really not as much Fun Building Supercomputer as it is Simply Inventing One.
(Proc. of the Symposium on High Speed Computer and Algorithm Organization, 1977)

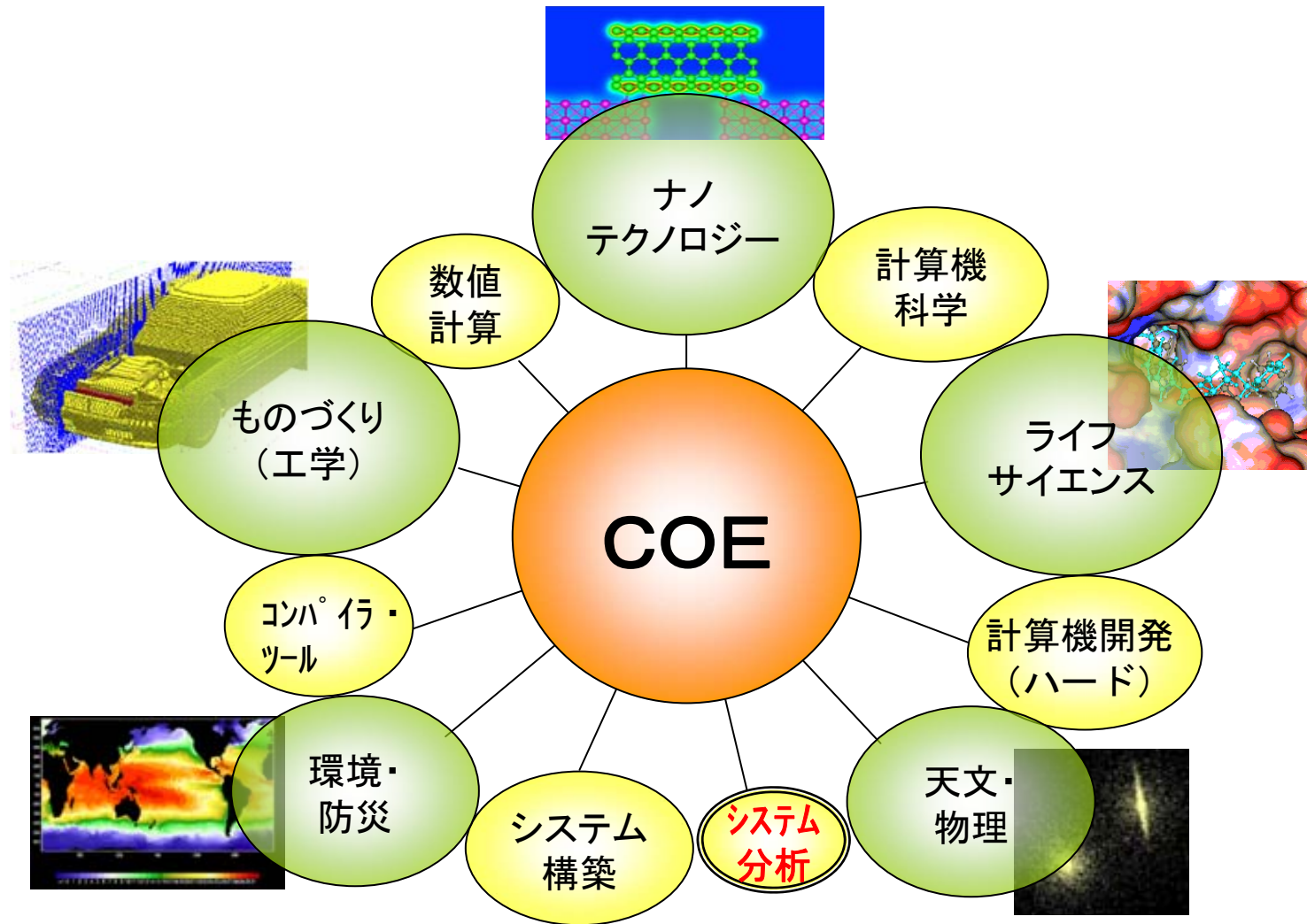
Lesson 9

The success or failure of any supercomputer development is finally going to **rest on the ability and willingness of users to adapt to the strange world of parallel processing, and the consequent need to restructure algorithm**, if not total processes.

今後の戦略

☆ アプリケーション分野からコンピュータ開発までを含む科学者・技術者が集う場・人材育成が図れる場

～HPC分野のCOE～



E N D