

平成17年度における大規模新規研究開発の事前評価  
第2回評価検討会提出資料

# 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17年10月11日  
文部科学省研究振興局  
情報課

# 目次

1. スーパーコンピュータ分野の研究開発戦略について		ページ
	文部科学省におけるスーパーコンピュータ分野の研究開発の全体像はどのようになっているか。各研究開発のテーマ名、目標、スケジュール、体制、予算を含め示されたい。	3
	また、当研究開発が、その中でどのような位置づけとなっており、具体的に、先行する要素技術開発等の他の研究開発とどのように関連しあっているのか。各省と連携している部分についても重要な部分があればあわせて示されたい。	6
	フラグシップ的な開発をどういう戦略で日本として進めて行こうと考えているか。また、リーダシップシステムに集中的に開発投資を行うことが、かえって予算の圧迫要因になり、他の研究開発の推進を妨げ、計算科学技術の底支えにならなくなるという可能性はないか。	8
	半導体技術の発展から見て、規模の点は容易に追いつき追い越される世界と考えられるが、規模以外で、本研究開発により創られるハードウェアの産業上・技術上の意義は何か。また、他の国に対して競争力ある技術を持ち続けるための方策としてどのようなことを考えているか。	10
	シミュレーションで重要となるアプリケーションソフトウェアは、日本では遅れているととらえられるが、優位性と差別化の可能性についてどう考えているか。	12

2. 開発ターゲットについて		ページ
	汎用性を目指すと、ターゲットが茫漠とし、アーキテクチャを絞り込めなくなり、良い結果が得られないという可能性があるが、当研究開発で言う「汎用」の定義はどのような考え方に基づくもので、対象応用分野はどのようなものか。	13
	グランドチャレンジとして説明された「次世代ナノ統合シミュレーション」及び「次世代生命体統合シミュレーション」は、内容がまだ漠然としているが、何をどこまで明らかにすることについて、ターゲットを2、3に絞り込んでいく考えはあるか。もしある場合、そのグランドチャレンジをモデル化し、適用するアルゴリズムを明確化し、それにふさわしい計算機のアーキテクチャを決定していく等のプロセスが重要と考えられるが、具体的に、どのようなプロセスで、いつの時点で明らかになるか。また、今から1年後の平成18年9月の時点では、どこまで明らかになるか。	14
	開発ターゲットを実現するために必要なブレークスルーは何か。また、そのブレークスルーの達成により産業へどのような波及効果を考えているか。	15
参考 説明	65ナノプロセスを用いた京速計算機システムでの地球シミュレータに対する優位性について	17
	消費電力が50メガワット程度との説明があり、大規模であるが、物理的にどのようなものを作るのかイメージを示されたい。	19

3. 推進体制について		ページ
	開発体制について、計算科学者(ユーザー側)、計算機工学者、メーカーの関係や、どのようなプロジェクトリーダーや専門性を持ったメンバーで構成され、どのような責任体制をとるかを含め、全体のわかる組織図とあわせ、具体的な体制、進め方を示されたい。	20
	運用開始後はプログラムの保守と機能強化等を継続して行う体制が必要だと思われるが、その運用体制、計画について示されたい。	23
参考 説明	継続的な最先端・高性能スパコンの開発ビジョン	24

4. 開発ロードマップについて		ページ
	グランドチャレンジに上げられている各シミュレーションに関し、具体的なアルゴリズム開発、ソフト開発、理論開発にどう取り組むかを含め、アプリケーションプログラムの開発ロードマップを示されたい。その際、ア)既存のプログラムのチューニング程度で対応できるもの、イ)用いるべき手法やアルゴリズムがすでに存在し、プログラム開発が主体となるもの、ウ)これから新規アルゴリズムとプログラムの開発が必要なもの、に区分し、それぞれについて克服すべき課題をあげて示されたい。	25

	<p>議論の材料として重要なため、第1回資料2 - 5の計画表に、例えば以下のような形で項目を整理して追加されたい。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">資料2-5への追加項目(例)</th> </tr> <tr> <th>開発項目</th> <th>開発要素/項目</th> <th>目標値</th> <th>費用</th> <th>平成17年度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">ソフトウェア</td> <td>システムソフトウェア</td> <td>詳細化</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>項目の追加と詳細化</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>費用算出の根拠について困難であれば、過去の類似システムでの開発実績を記入のこと。</p>	資料2-5への追加項目(例)					開発項目	開発要素/項目	目標値	費用	平成17年度	ソフトウェア	システムソフトウェア	詳細化									項目の追加と詳細化			27
資料2-5への追加項目(例)																										
開発項目	開発要素/項目	目標値	費用	平成17年度																						
ソフトウェア	システムソフトウェア	詳細化																								
		項目の追加と詳細化																								
	今後詰めていかなければいけないところが残っていると考えられるが、平成18年度上期含めて、1年ごとにチェックしていくシステムを構築することが必要ではないか。	29																								
参考説明	2010年度に運用開始する必要性について	30																								

<b>5. コンティンジェンシー・プランについて</b>	ページ
説明のあったコンティンジェンシー・プランにおいて、ソフトウェアはすべて不確実性「無」となっているが、それはどのように裏づけされたものか。再検討の上、もし不確実性があるということであれば、ソフトウェアの代替案や開発体制含めた、コンティンジェンシー・プランを示されたい。	32

<b>6. 運用について</b>	ページ
運用コストが、年間約100億円とのことであるが、その積算根拠(電力代含む。)を示し、どのようにして長期的に維持が可能か示されたい。	33
民間も利用できることは良いことであるが、およそどのくらいの費用が必要となるか示されたい。また使い勝手を良くしていくことを考えているか。	34

<b>7. 人材育成について</b>	ページ
ヒアリング時あまり説明がなかったが、研究教育拠点含め、人材育成について、具体的な内容を示されたい。	36
ソフトウェア人材が重要と考えられるが、どのようなソフトウェア人材を育成し効果を出していこうと考えているか示されたい。	38

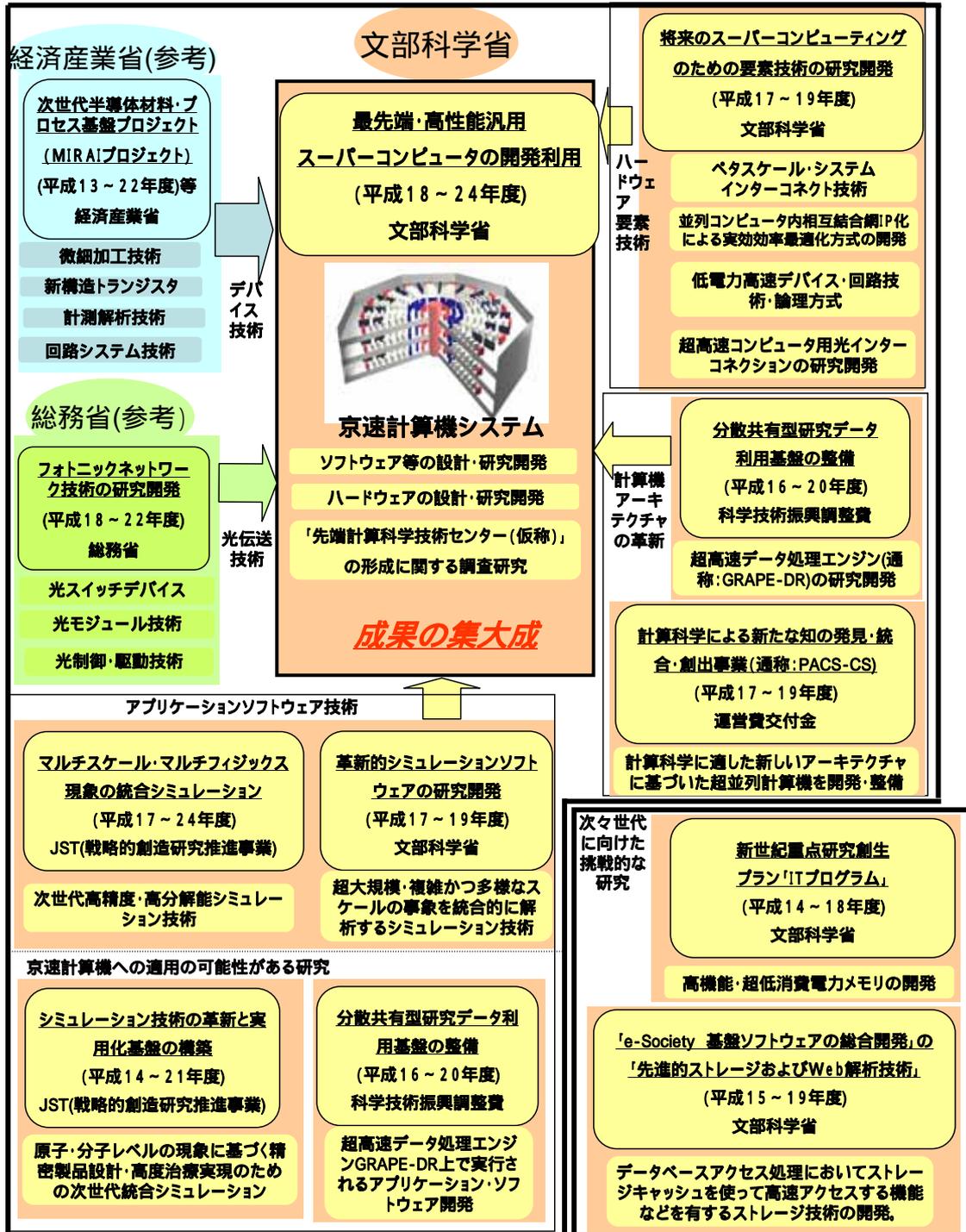
<b>8. 関連する情報、その他</b>	ページ
参考情報として、当研究開発内容と関連が深い、現在稼働中の「地球シミュレーター」での成果や問題点・改善点等について、運用を含め示されたい。	39
平成23年までの演算資源の需要と供給について、第1回資料2 - 2に説明図があるが、これは、ほぼ日本全体を示していると考えてよいか。具体的には、どこまでをカバーした需要と供給予測で、どのような算定根拠に基づくものか。また、平成23年以降の見通しも示して欲しい。	42
スパコンTOP500等でTOPを取れるものを作るだけでなく、日本全体の計算機環境を世界TOPにするという視点での、一種のベンチマークを示して欲しい。	44
第1回資料2 - 1 p. 27の構成図でCPU数に誤記があるとのことであったが、他にないかも確認の上、正しい値を示されたい。	46
参考説明 全体計画を2段階(フェージビリティスタディ段階と開発段階)に分割することによる非効率性について	54

# 1. スーパーコンピュータ分野の研究開発戦略について

1. 文部科学省におけるスーパーコンピュータ分野の研究開発の全体像はどのようなになっているか。各研究開発のテーマ名、目標、スケジュール、体制、予算を含め示されたい。

**ポイント**

文部科学省におけるスーパーコンピュータ分野の研究開発プロジェクトは、ハードウェアだけでなく、ソフトウェア、更には、ストレージの様な周辺装置に至るまで、多岐にわたっている。



【文部科学省のスーパーコンピュータ分野の研究開発プロジェクト】

## 1. アプリケーションソフトウェア技術

京速計算機への適用を想定した研究

<b>名称:</b> 革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発	<b>スケジュール:</b> 平成17～19年度	<b>予算(総額):</b> 35億円
<b>体制:</b> 東大生産技術研究所 東大人工物工学研究センター 国立医薬品食品衛生研 物質・材料研究機構 高度情報科学技術研究機構 アドバンスソフト		
<b>目標:</b> 超大規模・複雑(マルチスケール・マルチフィジックス)なシミュレーションを実現する効率的な計算手順の確立		

<b>名称:</b> マルチスケール・マルチフィジックス現象の統合シミュレーション(科学技術振興機構(JST)の「戦略的創造研究推進事業」)	<b>スケジュール:</b> 平成17～24年度	<b>予算(総額):</b> 約66億円
<b>体制:</b> 東大 名大 名工大 筑波大 海洋研究開発機構 NEC		
<b>目標:</b> 次世代高精度・高分解能シミュレーション技術の開発		

京速計算機への適用の可能性のある研究

<b>名称:</b> シミュレーション技術の革新と実用化基盤の構築(科学技術振興機構(JST)の「戦略的創造研究推進事業」)	<b>スケジュール:</b> 平成14～21年度	<b>予算(総額):</b> 約67億円
<b>体制:</b> 東大 東北大 九大 神戸大 早大 慶大 日本原子力研究所 富士通 高エネルギー加速器研究機構 立命館大学 産総研 情報・システム研究機構 他		
<b>目標:</b> 医療・情報産業における原子・分子レベルの現象に基づく精密製品設計・高度治療実現のための次世代統合シミュレーション技術の確立		

<b>名称:</b> 分散共有型研究データ利用基盤の整備(科学技術振興調整費)の観測・実験・シミュレーションソフトウェアの研究開発	<b>スケジュール:</b> 平成16～20年度	<b>予算(総額):</b> 6億円
<b>体制:</b> 東大 国立天文台 理化学研究所		
<b>目標:</b> 超高速データ処理エンジンGRAPE-DR上で実行される分子動力学計算、境界要素法計算、シーケンスマッチングソフトウェアのプロトタイプ開発		

## 2. ハードウェア技術及びシステムソフトウェア技術

### (1) 要素技術

<b>名称:</b> 将来のスーパーコンピューティングのための要素技術の研究開発	<b>スケジュール:</b> 平成17～19年度	<b>予算(総額):</b> 42億円
<b>体制:</b> 九大 東大 筑波大 東工大 日立 NEC 富士通 アラクサラネットワークス		
<b>目標:</b> 将来のスーパーコンピューティングに必要なハードウェア基盤技術の確立 ペタスケール・システムインターコネクト技術 並列コンピュータ内相互結合網IP化による実行効率最適化方式の開発 低電力高速デバイス・回路技術・論理方式 超高速コンピュータ用光インターコネクションの研究開発		

### (2) 計算機アーキテクチャ

<b>名称:</b> 計算科学による新たな知の発見・統合・創出事業(通称:PACS-CSプロジェクト)	<b>スケジュール:</b> 平成17～19年度	<b>予算(総額):</b> 23億円
<b>体制:</b> 筑波大 日立 富士通		
<b>目標:</b> 計算科学に適した新しいアーキテクチャに基づいた超並列計算機を開発・整備し、物質・生命研究の未踏領域の開拓など、計算科学のフロンティアを切り開くために全国共同利用に供する。		

<b>名称:</b> 分散共有型研究データ利用基盤の整備(科学技術振興調整費)の超高速データ処理エンジン(通称:GRAPE-DR)	<b>スケジュール:</b> 平成16～20年度	<b>予算(総額):</b> 7億円
<b>体制:</b> 東大 他		
<b>目標:</b> 超高速データ処理エンジンGRAPE-DRのプロセッサ設計とコンパイラのプロトタイプを作成する。		

注: 量子コンピュータのような実用の目処が立っていない研究は含まれていない。

### (3) 次々世代に向けた挑戦的な研究

#### 要素技術

<b>名称:</b> 新世紀重点研究創生プラン「ITプログラム」の「高機能・超低消費電力メモリの開発」	<b>スケジュール:</b> 平成14～18年度	<b>予算(総額):</b> 10億円
<b>体制:</b> 東北大 日立 他		
<b>目標:</b> 高速・超低消費電力スピンメモリ実現の基盤となるプロセス・回路技術を確立。		

#### 周辺装置技術

<b>名称:</b> 文部科学省リーディングプロジェクト「e-Society基盤ソフトウェアの総合開発」の「先進的ストレージおよびWeb解析技術」	<b>スケジュール:</b> 平成15～19年度	<b>予算(総額):</b> 10億円
<b>体制:</b> 東大 日立 NTTプラットフォーム研究所 他		
<b>目標:</b> 災害時にもデータ欠損なしを保障するためにディザスタリカバリ機能と、データベースアクセス処理においてストレージキャッシュを使って高速アクセスする機能などを有するストレージ技術の開発。		

1. また、当研究開発が、その中でどのような位置づけとなっており、具体的に、先行する要素技術開発等の他の研究開発とどのように関連しあっているのか。各省と連携している部分についても重要な部分があればあわせて示されたい。

#### ポイント

当研究開発は、先行する研究開発の成果を踏まえて実施され、スパコン関連技術の集大成である。アプリケーションソフトウェアとハードウェア及びシステムソフトウェアの両分野において文部科学省が行ってきた研究開発の成果を十分に活用するとともに、経済産業省、総務省のプロジェクトの成果も活用しつつ研究開発を行う。

### 1. アプリケーションソフトウェア技術

#### (1) 革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発（平成17～19年度）

超高速コンピュータ上で稼働する系全体最適シミュレーションプラットフォームを共通基盤として、人の個体差に応じた創薬の開発などを可能とする生命現象シミュレーション、基幹産業における研究開発～設計～製造～保守における知的ものづくりでの質的・効率的な向上を実現するマルチスケール連成シミュレーション、安全・安心な社会を実現する都市の安全・環境シミュレーションなど、後半な分野における世界最高水準のマルチスケール・マルチフィジックスシミュレーションソフトウェアの研究開発を行っている。

ここで得られたソフトウェアをもとにソフトウェアの改良、検証を行い、京速計算機で動作するグランドチャレンジアプリケーションを作成する。

#### (2) マルチスケール・マルチフィジックス現象の統合シミュレーション（平成17～23年度）

最先端の超高速・大容量計算機環境と精緻なモデル化・統合化によって、複数の現象が相互に影響しあうようなマルチスケール・マルチフィジックス現象の高精度且つ高分解能の解を求める研究を実施している。

ここでの成果は、京速計算機の有力なアプリケーションとなることが見込まれるとともに、ソフトウェア技術の交流によりグランドチャレンジアプリケーションを作成する上での効率化を図ることができる。

### 2. ハードウェア及びシステムソフトウェア技術

#### (1) 将来のスーパーコンピューティングのための要素技術の研究開発

（平成17～19年度）

4つの課題から成り立っており、研究開発成果をフルに活用して京速計算機システムの開発を行う。

##### ペタスケール・システムインターコネクト技術

32～64ポートの光パケットスイッチ、ボード間インターコネクトを数十ギガビット/秒以上への高バンド幅化や現状最新の光伝送受信部に比べ1/10以下の専有面積とコストを可能にする光電気変換部集積化の研究開発を行う。また、高機能スイッチを用いた数十ノード規模の評価システムを構築し、コレクティブ通信を従来比で5倍以上高速化する。

ここで開発されたシステムインターコネクト技術を京速計算機のノード間接続へ適用する。

並列コンピュータ内相互結合網 IP 化による実行効率最適化方式の開発

大域ネットワークで接続された情報システム基盤において、システムの動的状況をコンパイラに動的にフィードバックすることで実行時環境に特化したコード生成を行うコンパイラの開発、およびメモリとネットワークを超低遅延時間で結ぶ動的再構成型ネットワークインターフェース、これらを包括する IP ネットワーク方式の研究開発により、2 ペタ FLOPS を超える計算能力と 40Gbps を超すネットワークを高効率に使用する世界最高速のネットワーク利用方式で分散共有的に結合する。

ここで開発された世界最高速のネットワーク技術は、京速計算機の特定処理計算加速部への活用や外部 IP ネットワーク接続に向けた検討に資する。

低電力高速デバイス・回路技術・論理方式

製造後にしきい電圧を制御できる SOI 構造を開発することで、デバイス特性（動作電力・速度）の外部制御回路による最適化を実現するとともに、動作パターンにあわせた細かい電圧制御を実現し、大規模技術計算において性能を落とさずに消費電力を低減する技術を開発する。さらにプロセッサのアーキテクチャ、チップ構造、メモリの階層構造、及び複数プロセッサ - LSI 間の結合方式を最適化することで、平成 17 年比で 1/10 クラスに低消費電力化する。

ここで開発された LSI の技術やノウハウを京速計算機システムの開発に活かす。

超高速コンピュータ用光インターコネクション

20Gbps 超の伝送において、0dBm 以上の光出力でかつ長期信頼性を有する面型発光素子、帯域と効率のトレードオフを回避できる素子構造の受光素子、CPU の入出力信号約 1000 本を 100mm 角のプリント基板上で光信号に変換する光モジュール搭載の CPU モジュールの開発を行う。

ここで開発された光インターコネクション技術を京速計算機における大規模処理計算機部の CPU - メモリ間接続へ適用する。

## (2) 次世代半導体材料・プロセス基盤プロジェクト (MIRAI プロジェクト)

(経済産業省)(平成 13 ~ 22 年度)

新しい絶縁材料など、次世代の半導体に必要不可欠な新材料の研究開発と、これを形成するためのプロセス技術の開発等を行う。これによって半導体の微細化が可能となり 45nm 技術世代以細の LSI の消費電力や処理速度といった基本的な性能を格段に向上させる。

このプロジェクトで開発された半導体技術を基本として、京速計算機システムの実装技術設計を行うとともに製作を行う。

## (3) フォトニックネットワーク技術の研究開発 (総務省)(平成 18 ~ 22 年度)

急速に進展するブロードバンド環境や映像等のコンテンツ利用の拡大に対応したネットワークの大容量化・高機能化のための研究開発として、フォトニックネットワーク技術の研究開発を行う。

ここで開発された光スイッチ技術を活用して、京速計算機システムにおける異機種間接続超高速インターコネクションを開発する。

## (4) リアルワールドコンピューティングプロジェクト (経済産業省)

(平成 4 ~ 13 年度)

次世代の情報産業を担う重要な基盤技術開発を行うことを目的とし、High Performance Computing や高速ネットワーク技術等を重点的に開発を行った。

本プロジェクトで開発された SCore (クラスタシステムソフトウェア) をベースとし、京速計算機システムにおける異機種間統合ソフトウェアの開発を行う。

1. フラグシップ的な開発をどういふ戦略で日本として進めて行こうと考えているか。また、リーダーシップシステムに集中的に開発投資を行うことが、かえって予算の圧迫要因になり、他の研究開発の推進を妨げ、計算科学技術の底支えにならなくなるという可能性はないか。

ポイント

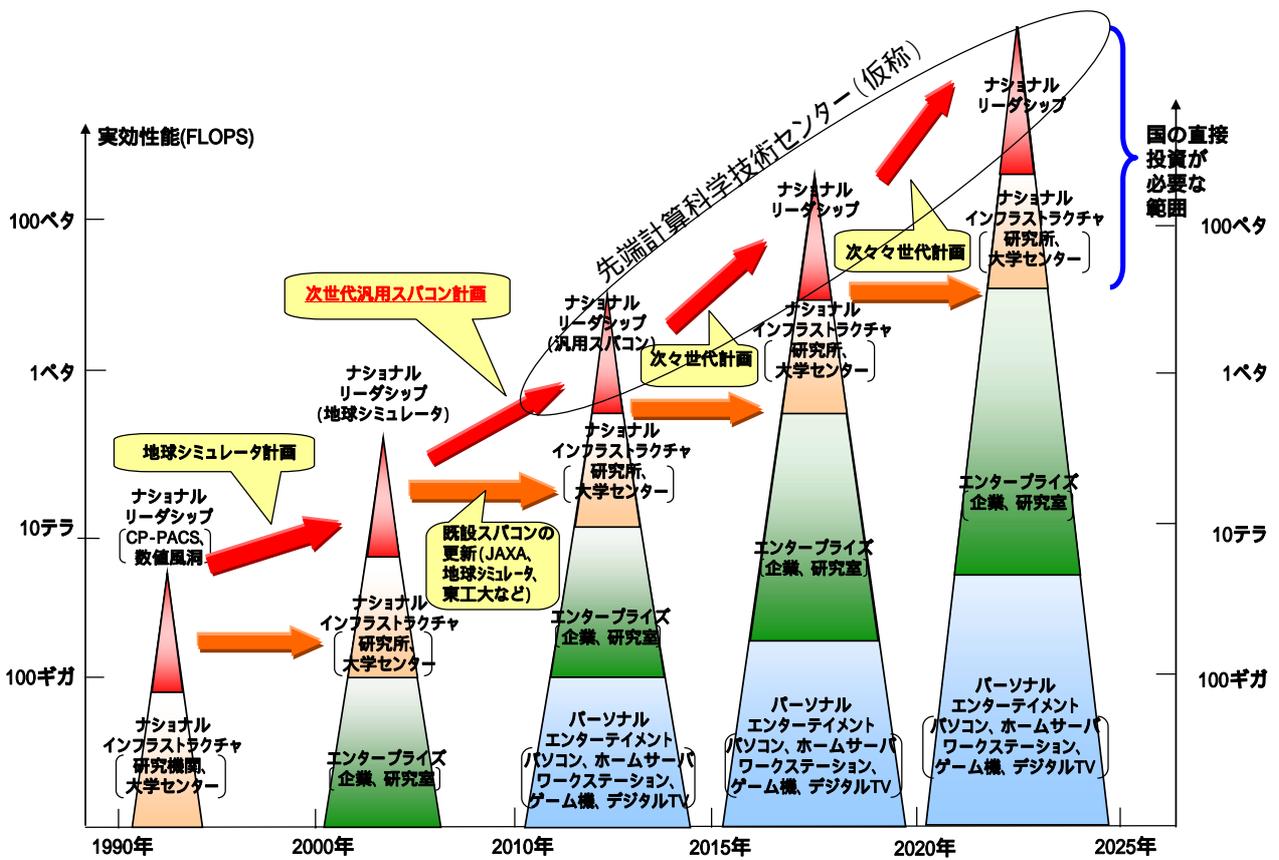
ナショナル・リーダーシップ・スパコン(以下、NLS)を切れ目なく継続的に開発し、計算の専門家集団の拠点を作り、人材育成に資する戦略をとる。また、大学、独法等の計算機の予算は法人独自の経営戦略に関係し、京速計算機システムとは別枠であるという理由などから、計算科学技術の底支えにならなくなるということはない。

1. フラグシップシステムの開発戦略

(1) 継続的な開発による効果

国のリーダーシップでNLSを切れ目なく継続的に開発することによって、最先端研究ツールの提供という本来の効果の他に、ナショナル・インフラストラクチャ・スパコン(以下、NIS)の性能向上とスパコン利用技術向上という波及効果が生まれる。

また、一過性ではない継続した国家プロジェクトとしてNLSを整備することで、それを利用しようとする長期的で挑戦的な研究開発プロジェクトの我が国(国内)における立ち上げが促進され、従来にはない大きな成果が得られる可能性が高まる。



( 2 ) C O E による利用技術の高度化

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( C O E )の形成により教育水準向上と世界をリードする人材の育成を総合的に推進する。つまり、N L S にスパコン利用ノウハウを持った計算科学の専門家と、計算機アーキテクチャを熟知した計算機科学の専門家をC O E に集めることによるシナジー効果で、更にスパコン利用技術を高度なものに発展させる。ここで育成された高度なスキルを持ったシミュレーション技術者がN I S の利用現場に戻ることで、N L S の利用技術をN I S へ展開することができる。

2 . N L S への開発投資が、他の研究開発の推進を妨げることなく、計算科学技術の底支えになること

下記の理由により、N L S に集中的に開発投資を行うことで、他の研究開発を推進し、計算科学技術の底支えとする。

- ( 1 ) 大学、独法等の計算機システムの予算は、各法人の運営費交付金等から賄われるものであり、法人独自の経営戦略に基づくものである。他方、京速計算機システムは、国として開発・整備をするものであり、上記の法人の枠とは、別に追加的に要求するものである。
- ( 2 ) また、N L S に開発投資を集中することで、インフラシステムに係る開発投資を軽減することが可能となり、大学や独法等において、より費用対効果の高いスーパーコンピュータの整備を可能ならしめることとなる。
- ( 3 ) N L S を中心としたC O E で育成された高度なスパコン利用技術を持った人材が、N I S の利用現場に復帰することにより、その技術が展開され、限られたN I S の計算資源を有効利用する効果が生まれることにより、全体としての費用対効果向上につながる。

- 1 . 半導体技術の発展から見て、規模の点は容易に追いつき追い越される世界と考えられるが、規模以外で、本研究開発により創られるハードウェアの産業上・技術上の意義は何か。また、他の国に対して競争力ある技術を持ち続けるための方策としてどのようなことを考えているか。

ポイント

スパコン開発を行うことで、光伝送技術の利用拡大と新たな半導体技術の導入を促進し、技術的な先鞭をつけることで、規模に依存しない他国に対して競争力ある技術を持ち続けることができる。

「次世代 IT 基盤構築のための研究開発」での「将来のスーパーコンピューティングのための要素技術の研究開発」プロジェクトでは、光伝送技術と低消費電力 L S I 技術に関する研究開発課題について、平成 17 年度から研究開発を行っている。

- ( 1 ) 「超高速コンピュータ用光インターコネクションの研究開発」( 研究開発代表者：日本電気(株) 野口孝行室長 ) では、実効性能向上のキーとなる CPU - メモリ間を光で接続する技術を研究開発中である。具体的には、以下の通りである。

小型、低消費電力での動作が可能な面型受光素子と CMOS の L S I で直接駆動可能な面型発光素子の開発

L S I 当り 1,000 信号程度の実装密度の実現と 300W 級 L S I のための冷却システムの開発

光電気統合システムの設計ツールの開発

意義：あらゆるエレクトロニクス製品の L S I 間信号接続が光によって実現できる。それによって、L S I 間の接続において、高速化、低コスト、軽量化、耐ノイズ化を実現することができる。

- ( 2 ) 「ペタスケール・システムインターコネクト技術」( 研究開発代表者：九州大学 村上和彰教授 ) では、光伝送を用いたノード間高速データ転送技術を研究開発中である。具体的には、以下の 3 つである。

光技術を用いた超高バンド幅スイッチング技術の開発

高機能・高性能システムインターコネクト技術の開発

ペタスケール・システムインターコネクトの性能評価環境の構築

意義：本研究で開発された光伝送技術と高速光スイッチング技術が、高速光伝送ネットワーク機器で利用される光伝送技術の先鞭をつける。

- ( 3 ) 「並列コンピュータ内相互結合網 I P 化による実行効率最適化方式の開発」  
( 研究開発代表者：東京大学 平木敬教授 ) では、インターネットで広く用いられている I P 技術を導入することで、経路制御技術、トラフィック制御技術、スイッチング技術、マルチキャスト技術、光スイッチ、光 DWDM などの汎用な技術を導入し、超高性能化を低いコストで実現することを目標においた研究を実施している。

意義：超高性能を実現するシステムを低コストで実現するシステム構築技術の発展に資する。

- ( 4 ) 「低電力高速デバイス・回路技術・論理方式」( 研究開発代表者：(株)日立製作所 笠井憲一室長 ) では、消費電力を実現する新たな半導体技術を研究開発中である。具体的には、以下の 4 つである。

低電力を実現するデバイス構造に関する研究開発

低電力を実現する回路技術に関する研究開発

低電力を実現する論理方式に関する研究開発

低電力を実現するデバイス・回路インテグレーションに関する研究開発

意義：本研究における低消費電力 L S I 技術が組み込みプロセッサに適用されることで、民需系エレクトロニクス製品の技術力向上に資する。

以上のハードウェアの要素技術を、スパコン開発を通じ、継続的に取り組み、その世代に合った形に技術改善を図り続けながらスパコンに適用することで、規模に依存しない他の国に対して競争力ある技術を持ち続けることができる。

1. シミュレーションで重要となるアプリケーションソフトウェアは、日本では遅れているととらえられるが、優位性と差別化の可能性についてどう考えているか。

#### ポイント

計算科学技術は、従来のソフトウェアでは実現できないマルチスケール・マルチフィジックスな系全体の解析や超大規模並列・分散処理など新しい段階に入る今のタイミングこそが、我が国発のオリジナル技術を核にしたアプリケーションソフトウェアの研究開発に踏出し、欧米に勝つチャンスである。

#### 1. 計算科学技術の新しい変化

マルチスケール・マルチフィジックス技術、リアリスティックな統合解析、超大規模並列・分散処理など、新しい段階に入っている。

#### 2. 欧米の現状

既存のソフトウェアではユーザー資産の継承の問題などから、新しい計算科学技術に対応したソフトウェアへの切り替えが容易に出来ない。

#### 3. 新しい計算科学技術への対応

新しい段階のソフトウェア開発に踏み出す今のタイミングこそが、これまで欧米の後塵を拝してきた我が国が巻き返しを図り、欧米に勝てる絶好の機会である。

一般にソフトウェアの開発と普及の間には数年のタイムラグがあるのが普通である。このことを踏まえて、平成17年度から実施している「革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発」では、数年後のペタFLOPS超級の計算環境を想定して、ソフトウェアの開発を行っている。しかも、ソフトウェアの利用者と一体となった開発・普及活動を展開し、開発の終了と同時に産業界における利活用を考えている。

「最先端・高性能汎用コンピュータの開発利用」プロジェクトにおけるグランドチャレンジアプリケーション開発では、我が国発のオリジナルな技術(例えば、FMO(産業技術総合研究所 北浦和夫総括研究員)、RISM(分子科学研究所 平田文男教授)、レプリカ交換モンテカルロ(名古屋大学 岡本祐幸助教授)など)を核にしてアプリケーションソフトウェアを創り出すことで、優位性や差別化を図ることができると考えている。

## 2. 開発ターゲットについて

2. 汎用性を指すと、ターゲットが茫漠とし、アーキテクチャを絞り込めなくなり、良い結果が得られないという可能性があるが、当研究開発で言う「汎用」の定義はどういう考え方に基づくもので、対象応用分野はどういうものか。

### ポイント

ターゲットアプリケーションはナノテクノロジー、ライフサイエンス分野のグランドチャレンジから絞り込むことを考えている。両分野のターゲットアプリケーションの実行に最も適合するアーキテクチャを検討するが、さまざまな分野のアプリケーションにおいても高い実行性能が達成され、幅広く利活用されることが期待される。

### 1. 京速計算機のアーキテクチャについて

ターゲットアプリケーションについては、グランドチャレンジの領域としている「次世代ナノ統合シミュレーション」、「次世代生命体統合シミュレーション」において検討を行う。京速計算機のアーキテクチャは、ターゲットアプリケーションの分析結果に基づいて決定される。(アーキテクチャ決定までの手順は、2. を参照)

### 2. 汎用性の追及

アーキテクチャの検討は、ターゲットアプリケーションの実行に最も適合するものという観点から行われる。しかしながら、決定したアーキテクチャを幅広く提示し、さまざま分野においても京速計算機のアーキテクチャに適合したアプリケーションを作成するように慫慂する。特に以下の応用分野では、競争的研究資金等を確保して、アプリケーションの作成を振興する。

対象応用分野：

「物質・材料(ナノテクノロジー(グランドチャレンジを除く)など)」、「ライフサイエンス(グランドチャレンジを除く)」、「ものづくり」、「防災」、「地球環境」、「原子力」、「航空・宇宙」、「天文・宇宙物理」の合計8分野。

この結果、産業を牽引する力、学際的な波及効果や意義の高い応用分野において、京速計算機で高速に実行されるアプリケーションが作成され、幅広く利用されるものと期待される。

2. グランドチャレンジとして説明された「次世代ナノ統合シミュレーション」及び「次世代生命体統合シミュレーション」は、内容がまだ漠然としているが、何をどこまで明らかにするかということについて、ターゲットを2、3に絞り込んでいく考えはあるか。もしある場合、そのグランドチャレンジをモデル化し、適用するアルゴリズムを明確化し、それにふさわしい計算機のアーキテクチャを決定していく等のプロセスが重要と考えられるが、具体的に、どのようなプロセスで、いつの時点で明らかになるか。また、今から1年後の平成18年9月の時点では、どこまで明らかになるか。

ポイント

平成18年1月からグランドチャレンジにおける具体的絞込みを開始するとともに、計算機アーキテクチャに関する調査を行い、相互の議論を通して、ターゲットアプリケーションを3月に決定、計算機アーキテクチャを9月に決定する。

グランドチャレンジの具体的絞込み～計算機アーキテクチャ決定までの検討手順

日程	文科省	整備主体/研究開発委託先等
平成17年 10月	ターゲットアプリケーション候補検討 ・関係機関へのヒアリング (大学・研究機関)	整備主体候補決定
11月	ターゲットアプリケーション候補検討 ・関係機関へのヒアリング(産業界)	
12月	ターゲットアプリケーション候補検討 ・関係機関へのヒアリング(産業界)	スーパーコンピューティング技術産業 応用協議会(仮称)設立
平成18年 1月	研究振興官(プロジェクトリーダー) 発令	ターゲットアプリケーション検討会 <sup>(1)</sup> (第1回) ・グランドチャレンジにおけるターゲットアプリケーション候補確認、整理要件の議論 (産業への波及効果、アルゴリズム等) ・計算機アーキテクチャ候補確認、整理要件議論
2月		ターゲットアプリケーション検討会(第2回) ・アプリケーション側、計算機側との相互の議論
3月	整備主体決定(改正共用法成立)	ターゲットアプリケーション検討会(第3回) ・ターゲットアプリケーションを決定
4月	新規交付金の交付	ターゲットアプリケーション研究開発開始(理論開発、新アルゴリズム開発、計算手法開発等) 計算機アーキテクチャ候補の仕様他詳細調査
5月	プロジェクト進捗会議 ・進捗状況の確認	計算機仕様検討チーム <sup>(2)</sup> とターゲットアプリケーション検討チーム <sup>(3)</sup> との合同検討会(第1回)
6月		計算機仕様検討チームとターゲットアプリケーション検討チームとの合同検討会(第2回)
7月	プロジェクト進捗会議 ・アーキテクチャ候補(案)に関する議論	計算機仕様検討チームとターゲットアプリケーション検討チームとの合同検討会(第3回)
8月		計算機アーキテクチャ(案)決定
9月	プロジェクト進捗会議 ・計算機アーキテクチャの決定	

- (1) 整備主体候補が事務局となり、スーパーコンピューティング技術産業応用協議会(仮称)やアプリケーション、計算機工学に見識をもつ有識者が共同で検討  
(2) P.20の開発体制にあるハードウェア開発グループの構成員からなるチーム  
(3) P.20の開発体制にある次世代ナノ統合シミュレーショングループと次世代生命体統合シミュレーショングループの構成員からなるチーム

2. 開発ターゲットを実現するために必要なブレークスルーは何か。また、そのブレークスルーの達成により産業へどのような波及効果を考えているか。

#### ポイント

京速計算機システムを実現するためのブレークスルーの中でも主なものは、京速計算機システムの特徴となる複合型計算機を効率良く動作させる異機種統合ソフトウェアと、さらに高い実行効率を実現するために必要なCPU - メモリ間、ノード間の高速データ転送性能を実現する光伝送技術である。

ソフトウェア技術におけるブレークスルーは、グリッドミドルウェアと異機種統合ソフトウェアであり、これらの波及効果は、各々のソフトウェア技術の世界標準の確立を世界に先駆けて行うことである。

ハードウェア技術におけるブレークスルーは、CPU - メモリ間、ノード間の高速データ転送性能を実現する光伝送技術と、高性能なCPUを低消費電力で実現するLSI技術である。これらの技術は、あらゆるエレクトロニクス製品に適用可能であると期待される。

### 1. ソフトウェア

#### (1) システム・ソフトウェア

##### グリッドミドルウェア

京速計算機システムを核にグリッド上に疎結合された1万システムもの異機種システムをシームレスに統合した仮想的な巨大計算環境を構築し、多くの研究者が階層的な複数のVO（仮想研究環境）を介して効率良くペタスケールの次世代シミュレーション（マルチスケール・マルチフィジックス問題等）が実現可能となるような資源管理方式の確立を狙う。それと並行して、グリッドにおける国際標準（デファクト・スタンダード）を確立する。

##### 波及効果

上記資源管理方式による計算環境を実現することにより、産業界による利用を促進し、海外に先んじて高度で大規模なコンピュータ利用環境を実現することができ、国際市場での産業界の競争優位性が確保できる。

##### 異機種統合ソフトウェア

異機種計算機が一体的にアプリケーションを実行するためには、以下の開発項目が必要である。

- ・高性能MPI（Message Passing Interface）の開発
- ・数万規模のCPUを無停止で継続稼働するチェックポイント、フェイルオーバー機能
- ・数十万部品からシステムに至る稼働管理技術
- ・数万CPU以上の大規模ジョブシステム運用技術

また、これらの開発を世界に先駆けて行うことで、異機種統合技術における国際標準（デファクト・スタンダード）を確立する。

### 波及効果

従来不可能だった異機種統合技術を世界に先駆けて打ち出し、その国際標準（デファクト・スタンダード）を確立する。このような複合型計算機システムにより、従来不可能であったナノスケールからマクロスケールまでを丸ごと解析する手法が、ものづくり分野などに浸透する。

## 2. ハードウェア

### (1) CPU - メモリ間光高速データ転送技術

高性能なCPUが持っている能力を極力引き出すには、それに見合ったCPU - メモリ間のデータ転送性能が必要となる。そのための取り組みについては、P. 10の(1)で説明している。

### 波及効果

従来の電気接続に比べて、データ転送性能、コスト、耐ノイズ性に優れている光接続技術を、あらゆるエレクトロニクス製品のプリント基板内配線も含めたLSI間信号伝送に適用することができる。このことで、性能、コスト、耐ノイズ性に優れた光接続の適用範囲が拡大し、我が国のエレクトロニクス製品の競争力が大幅に向上する。

### (2) ノード間光高速データ転送技術

複数ノードによる並列処理で高い実行効率を実現するためには、高性能ノード間データ転送が必要である。そのための取り組みについては、P. 10の(2)で説明している。また、インターネットで広く用いられているIP技術を導入することで、超高性能なシステムを低コストで実現することを目標においた研究も行われている。その取り組みについては、P. 11の(3)で説明している。

### 波及効果

光接続技術と高速光スイッチング技術が、高速光伝送ネットワーク機器にも波及し、社会インフラとなる光通信システムの性能向上に資する。また、IP化技術を用いた汎用技術によって、低コストで超高性能化が実現され、光伝送技術の幅広い利用が促進される。

### (3) 高性能なCPUを低消費電力で実現するLSI技術

ムーアの法則のトレンドにのった世界のLSI技術の性能競争を制するために、従来の延長上の技術だけでは実現不可能であるため、微細化、高速化の他に、低消費電力を実現する新たな半導体技術が必要である。そのための取り組みについては、P. 11の(4)で説明している。

### 波及効果

低消費電力技術が組み込みプロセッサで使われることで、携帯電話、情報家電などエレクトロニクス製品の競争力が向上し、我が国のエレクトロニクス産業の国際競争力が大幅に向上する。

## 2. 参考説明 65ナノプロセスを用いた京速計算機システムでの地球シミュレータに対する優位性について

そもそも、45nmプロセスを先導することにインセンティブがあり、全てに65nmプロセスを用いることを前提に議論すべきではない。

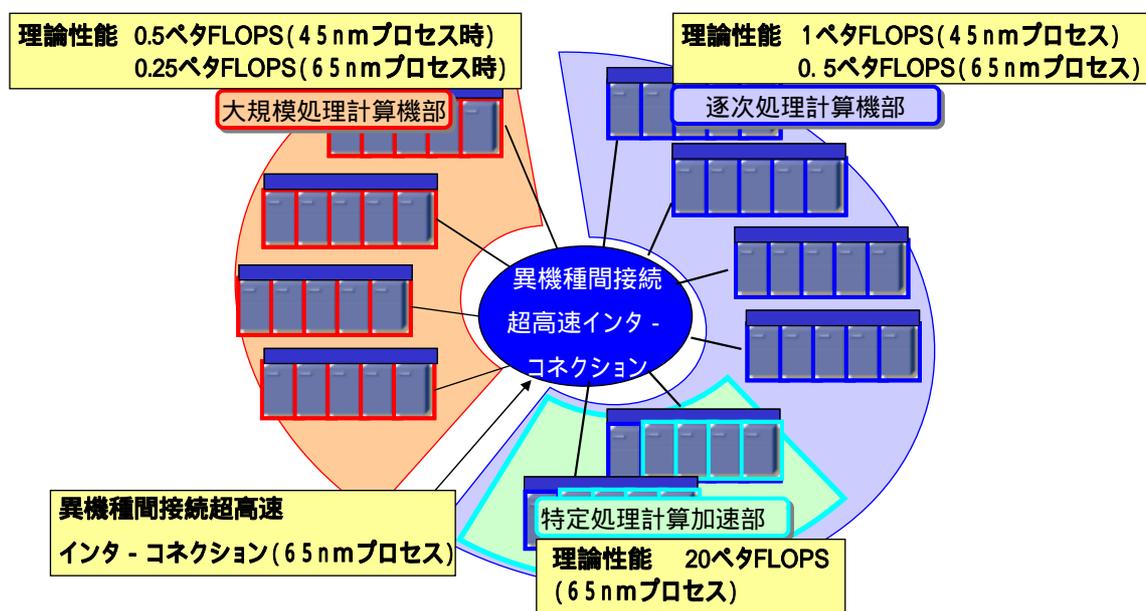
### ポイント

65nmのLSI技術を使用する場合、大規模処理計算機、逐次処理計算機の理論性能が半減するが、複合型計算機の構築には無関係である。

他方、近年の計算科学技術は、マルチスケール・マルチフィジックスにおける系全体シミュレーションを中心とした新たな段階に移行している。そこで必要としている計算機アーキテクチャは、地球シミュレータのような単一種の計算機によるものではなく、複数種類の計算機を統合した複合型計算機である。

### (1) LSIプロセスの変更によるシステム仕様

65nmのLSI技術を使用する場合、本来の計画では45nmを使う大規模処理計算機、逐次処理計算機の理論性能は下表のように半減する。しかし、複合型計算機の構築に必要な異機種接続超高速インターコネクションの実現には影響が無い。



### 【京速計算機システムが使用するLSIプロセスと理論演算性能】

なお、ここで想定している計算機の仕様は、P. 46の京速計算機システムの構成(イメージ)で示されている値を前提としている。

## ( 2 ) 計算科学技術の新しい段階

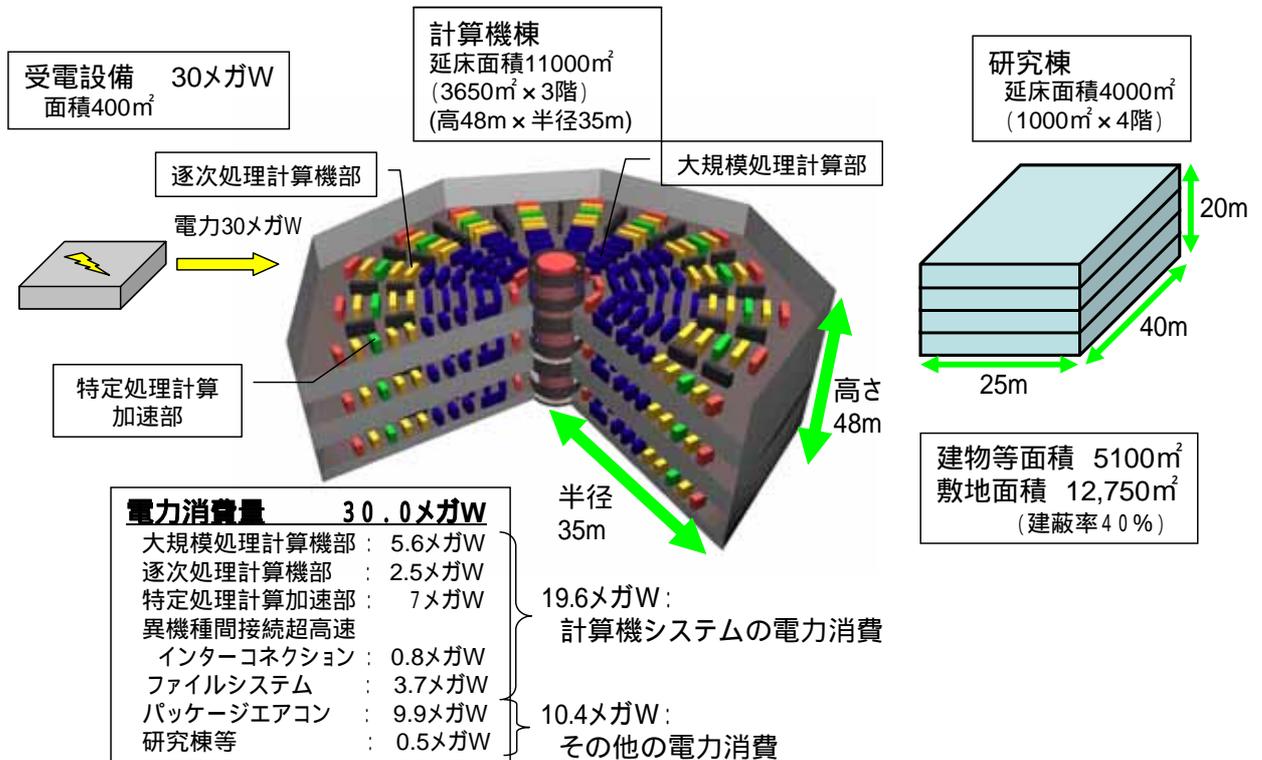
近年の計算科学技術は、マルチスケール・マルチフィジックスにおける系全体シミュレーションを中心とした新たな段階に移行している。例えば、次世代生命体統合シミュレーションについて、遺伝子を扱うマイクロレベルから、骨格、血流を扱うマクロレベルまでの解析を統合したシミュレーションが必要になる。ここでは、プログラムの性質上、効率良く実行できる計算機の種類が概ね一意に決まる。それによると、マイクロレベルは逐次処理計算機と特定処理計算加速機に、マクロレベルは大規模処理計算機に処理させ、各レベルの処理間のデータ転送は、異機種間接続超高速インターコネクションで行われる。

以上のようなマルチスケール・マルチフィジックスにおける系全体シミュレーションは、地球シミュレータのような大規模処理計算機単独の計算機では効率良く処理することは不可能であり、複数種類の計算機を統合した複合型計算機でこそ可能になる。

2. 消費電力が50メガワット程度との説明があり、大規模であるが、物理的にどのようなものを作るのかイメージを示されたい。

ポイント

全消費電力は、30メガWで、そのうち、計算機システムの電力消費は19.6メガWである。



なお、ここで想定している計算機の仕様は、P.46の京速計算機システムの構成(イメージ)で示されている値を前提としている。

### 【(参考)地球シミュレータ】

- ・ 建屋サイズ : 65m × 50m × 18m
- ・ 消費電力 : 5 ~ 6メガW

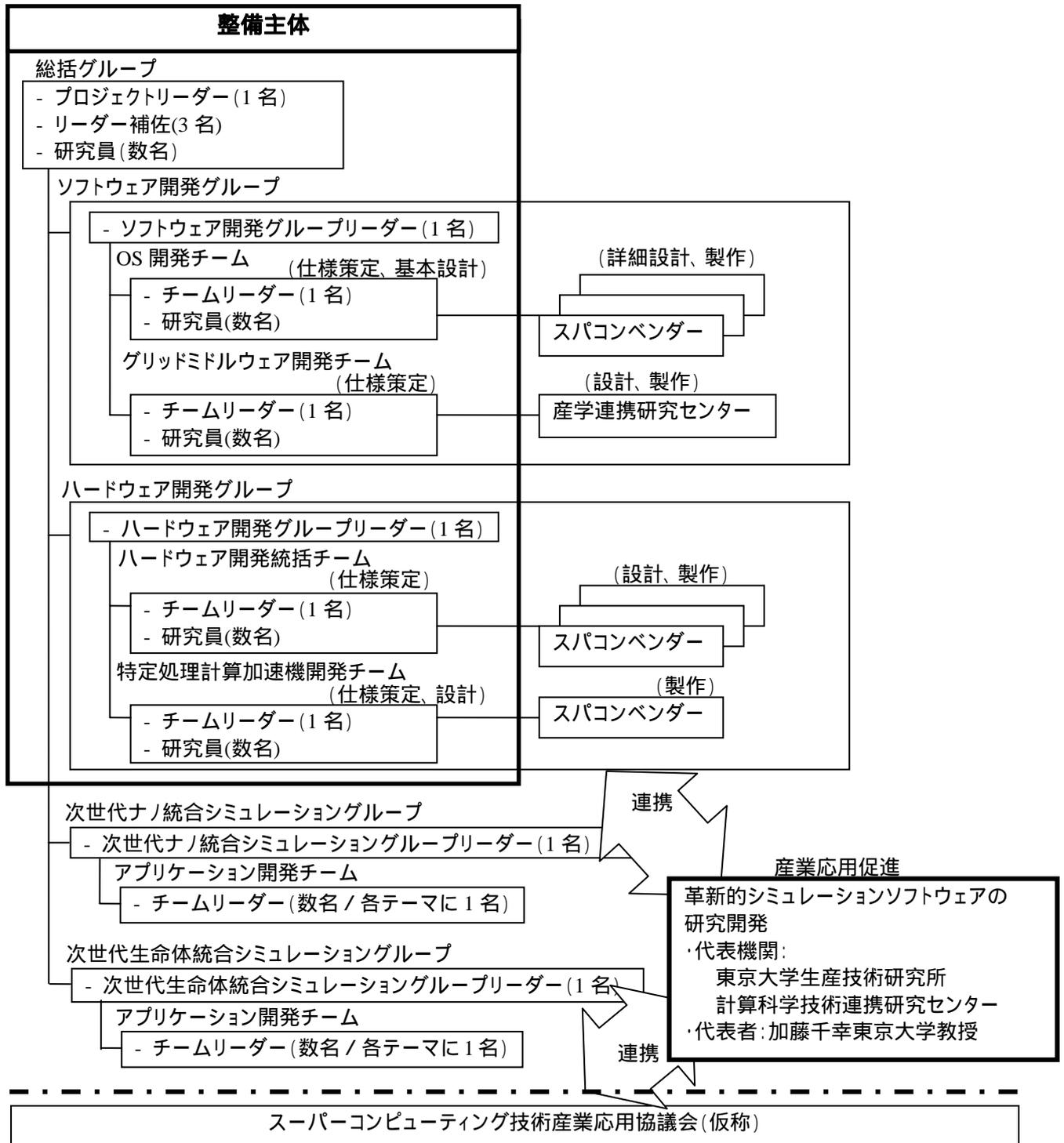
### 3. 推進体制について

3. 開発体制について、計算科学者（ユーザー側）、計算機工学者、メーカーの関係や、どのようなプロジェクトリーダーや専門性を持ったメンバーで構成され、どのような責任体制をとるかを含め、全体のわかる組織図とあわせ、具体的な体制、進め方を示されたい。

**ポイント**

スパコンベンダー出身のプロジェクトリーダーの強力なリーダーシップの下で開発を行う。開発組織は、計算科学者（ユーザー側）、計算機工学者、ベンダー等の関係者の結集によって構成される。

#### 1. 開発体制（イメージ）



## 2. 構成人員のイメージ

### (1) 総括グループ

役割	イメージ
プロジェクトリーダー (1名)	スパコンの開発の指導を長年に亘って行い、NLS、テラFLOPS 超級の大規模処理計算機の開発の実績を持ち、スパコンアーキテクチャ、スパコン開発プロジェクトの推進等について、深い知見を有する者
リーダー補佐 (3名)	複合型のスパコン開発プロジェクトを指導してきた実績を持ち、電磁流体、ものづくり、ライフサイエンス分野におけるシミュレーションに深い造詣を有する者 等
研究員(数名)	スパコン運用・利用に携わっていた経験を有する者

### (2) 整備主体内に置かれる開発グループ

#### ソフトウェア開発グループ

役割	イメージ
ソフトウェア開発グループリーダー (1名)	ベンダーにてスパコン開発を指導し、かつグリッドの国家プロジェクト全体を統括した実績を持ち、スパコンアーキテクチャからグリッドミドルウェア、海外動向等幅広い知見を有する者
OS開発チーム	
チームリーダー (1名)	国家プロジェクトにおいて、現在幅広く利用されている、クラスタソフトの開発を指導した実績を持ち、分散並列処理ソフトウェアの開発に高い知見を有する者
研究員(数名)	ベンダーからの出向者
グリッドミドルウェア開発チーム	
チームリーダー (1名)	グリッドの国家プロジェクト企画・立ち上げ・運営を主導的な立場で行った実績を持つ者
研究員(数名)	ベンダーからの出向者

#### ハードウェア開発グループ

役割	イメージ
ハードウェア開発グループリーダー (1名)	ベンダーにてスパコン開発を指導し、かつ大学等で計算機アーキテクチャの研究・指導を行った実績を持ち、計算機アーキテクチャについて幅広い知識を有する者
ハードウェア開発統括チーム	
チームリーダー (1名)	NLS 開発に携わった実績を持ち、乱流等の大規模シミュレーション、グリッドについても深い知見を有する者
研究員(数名)	ベンダーからの出向者
特定処理計算加速機開発チーム	
チームリーダー (1名)	特定処理計算加速機開発を指導した実績を持ち、ネットワークからスパコンに至る幅広い知見を有する者
研究員(数名)	特定処理計算加速機の開発やLSI 設計などの経験を持つ研究者、ベンダーからの出向者

( 3 ) 整備主体外に置かれる開発グループ

次世代ナノ統合シミュレーショングループ

役割	イメージ
次世代ナノ統合シミュレーショングループリーダー (1名)	ナノ分野の計算科学プロジェクトを指導し、かつ大学等においてナノに関わるシミュレーション研究・指導を行ってきた実績を持ち、理論・方法論、アルゴリズム開発等に深い造詣を有する者
チームリーダー (数名 / 各テーマに1名)	ナノに関わる計算科学の分野において研究開発グループを指導し、かつ大学等においてシミュレーション研究を先鋭的に行ってきた実績を持ち、ターゲットアプリケーション開発の中心となり得る高い知見を有する者
研究員 (各テーマごとに十数名)	ナノに関わる計算科学研究に携わってきた経験を有する大学・企業等における研究者

次世代生命体統合シミュレーショングループ

役割	イメージ
次世代生命体統合シミュレーショングループリーダー (1名)	ライフサイエンス分野の計算科学プロジェクトを指導し、かつ大学等においてバイオに関わるシミュレーション研究・指導を行ってきた実績を持ち、理論・方法論、アルゴリズム開発等に深い造詣を有する者
チームリーダー (数名 / 各テーマに1名)	ライフサイエンスに関わる計算科学の分野において研究開発グループを指導し、かつ大学等においてシミュレーション研究を先鋭的に行ってきた実績を持ち、ターゲットアプリケーション開発の中心となり得る高い知見を有する者
研究員 (各テーマごとに十数名)	ライフサイエンスに関わる計算科学研究に携わってきた経験を有する大学・企業等における研究者

3. 運用開始後はプログラムの保守と機能強化等を継続して行う体制が必要だと思われるが、その運用体制、計画について示されたい。

ポイント

平成18年度から、「先端計算科学技術センター(仮称)」における運用の有り方について検討を開始する。平成22年度の運用開始時から、京速計算機の利用者に対して、「先端計算科学技術センター(仮称)」が、産業界、大学・研究機関と一体となって、プログラムの保守と機能評価等を、継続かつ計画的に行う運用体制を確立する。

1. 「先端計算科学技術センター(仮称)」の運用のあり方の検討

平成18年度から、「先端計算科学技術センター(仮称)」の運用のあり方を産業界、大学・研究機関と共同で検討を開始する。

特に、産業界からは、平成17年に発足予定のスーパーコンピューティング技術産業応用協議会(仮称)を通じて、利用者の要望をプログラムの保守や機能強化などに活かせるよう積極的な活動を行っていく。

2. 「先端計算科学技術センター(仮称)」内に、「利用高度化推進チーム」を設置

平成22年度の運用開始時から、「先端計算科学技術センター(仮称)」内に、「利用高度化推進グループ」を設置し、プログラムの保守・機能追加などについて、プログラム開発者組織<sup>(注)</sup>と連携を取り、対応する。ここでは既存プログラムのうち、利用者から要望のあるものについて、移植や性能向上のためのチューニングも行うとともに、機能追加やライブラリの整備推進を行う。

(注)ソフトウェアの研究開発を行った、民間のソフトウェアベンダーや大学・研究機関等の研究開発コンソーシアム組織など

### 3. 参考説明 継続的な最先端・高性能スパコンの開発ビジョン

#### ポイント

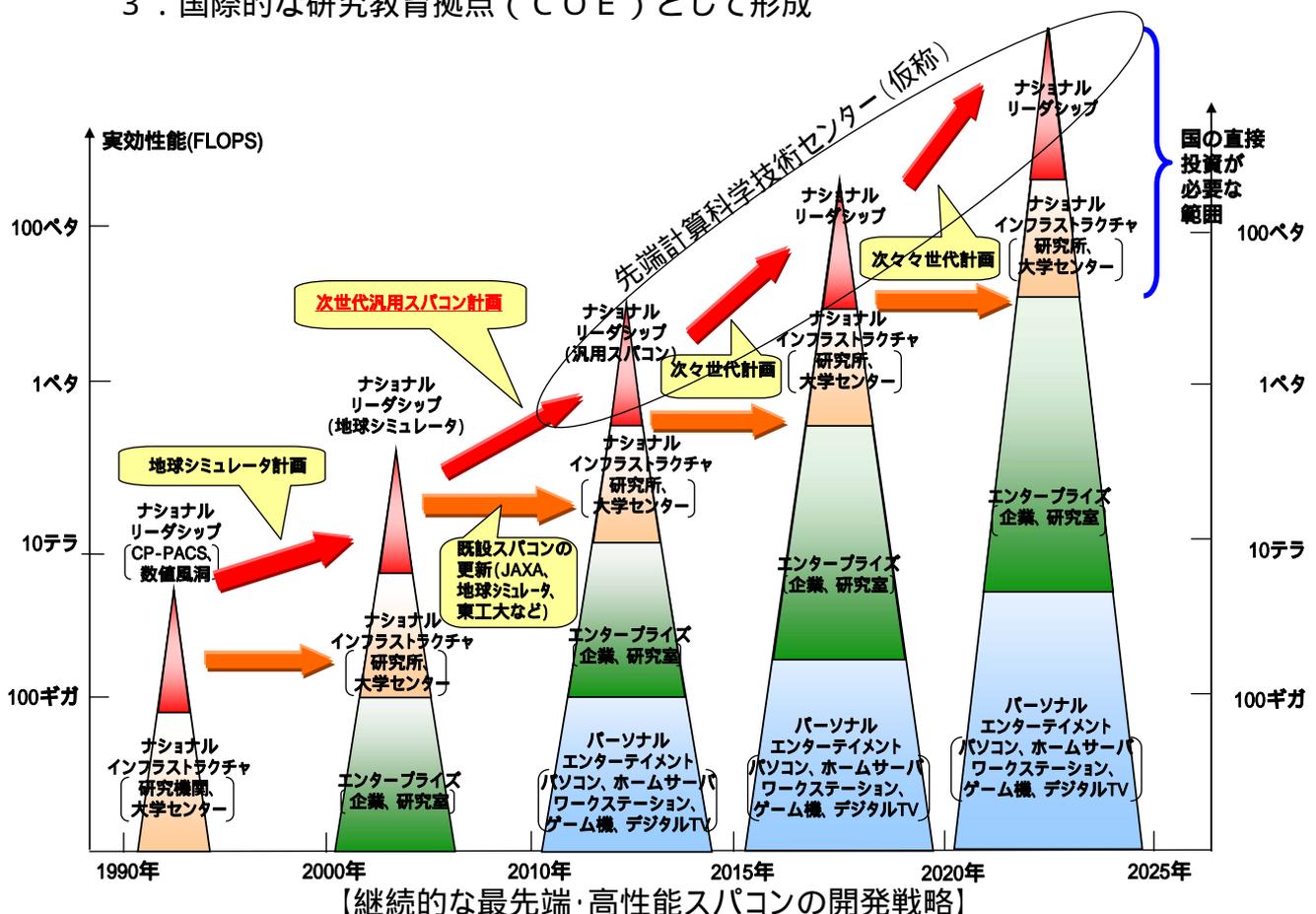
スパコン開発の中長期的戦略を検討するためのヘッドクォーター(拠点)を構築し、継続的に切れ目なく最先端・高性能スパコンの開発を行う。

開発するスパコンは Only one のものとするのではなく、No. 1 のものと明確に位置づける必要がある。すなわち、No. 2 以下のスパコンが大学・公的研究機関、さらには民間へと商用機として展開される必要がある。そのためにも、システムのスペックに利用者の声を反映させることを第一義としつつも、スパコン・ベンダーにおける実現可能性の限界を見極め、また国際的な技術動向のベンチマークを適宜行いつつ、次期計画で達成すべき目標、次々期計画で達成すべき目標、さらにその次以降の計画で達成すべき目標と、常に先々のことを考えて取り組む姿勢が不可欠である。

このため、次期スパコン計画を契機として、将来にわたって継続的にNo. 1 スパコンをシリーズとして開発・整備するための戦略・戦術を、大学・公的研究機関等からの提案を集約し、具体的な方策として提案することが可能なヘッドクォーター(拠点)を構築することが重要である。

「先端計算科学技術センター(仮称)」の形成の基本的考え方は以下の通り。

1. 国家基幹技術として推進
2. 産学の共用を前提とした新たな「科学技術インフラストラクチャ」の構築
3. 国際的な研究教育拠点(COE)として形成



#### 4. 開発ロードマップについて

4. グランドチャレンジに上げられている各シミュレーションに関し、具体的なアルゴリズム開発、ソフト開発、理論開発にどう取り組むかを含め、アプリケーションプログラムの開発ロードマップを示されたい。その際、ア)既存のプログラムのチューニング程度で対応できるもの、イ)用いるべき手法やアルゴリズムがすでに存在し、プログラム開発が主体となるもの、ウ)これから新規アルゴリズムとプログラムの開発が必要なもの、に区分し、それぞれについて克服すべき課題をあげて示されたい。

#### ポイント

グランドチャレンジアプリケーションの研究開発は平成18年度に開始し、平成22年度の完成に向けて実施する。各々の分野を代表する機関の協力を得て、目標を達成すべく推進していく。

ある研究機関からの提案を以下に記載する。今後、他の研究機関等からの提案も受け、P.14に記載の検討手順を経て、ターゲットアプリケーションを決定する。

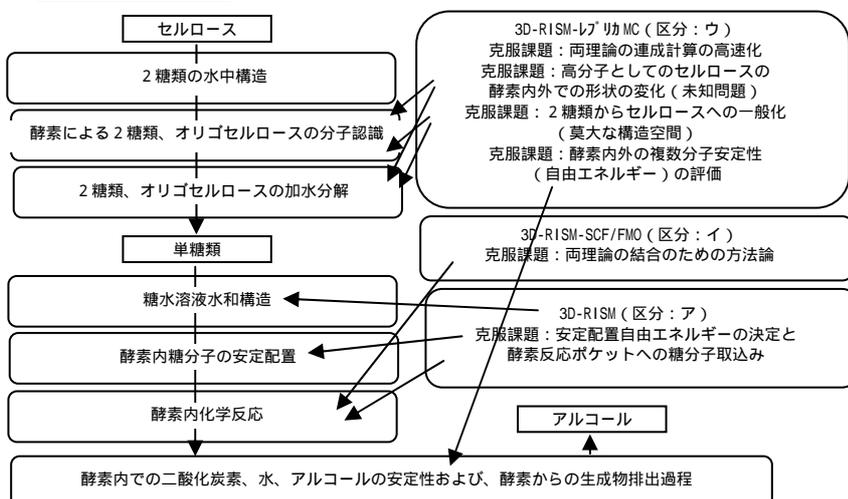
#### <次世代ナノ統合シミュレーション> 開発ロードマップ(一提案)

1. 開発目標：次世代エネルギー（アルコール）生成設計のためのシミュレーションソフトウェアの研究開発

#### 2. 日程

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
理論構築(3D-RISM-SCF/FMO, 3D-RISM-7 <sup>o</sup> リカMC)			理論強化・フォロー	
要素*(2糖類の水中構造決定)	(セルロースの加水分解過程の解明) 要素*(酵素-2糖間複合体安定構造決定)		要素*(酵素によるオリゴセルロースの分子認識)	
要素*(糖水和構造)	(単糖類からのアルコール生成過程解明) 要素*(酵素内糖分子の安定配置)		要素*(酵素内化学反応)	
注) 要素*: 要素技術開発・ソフトウェア開発と計算、アルゴリズム(3次元FFT等)解析など。			プログラムチューニング方法検討	
			プロトタイプ評価(オリゴセルロースからアルコールへ)	
			計算・評価	

#### 3. 実現方法



#### 4. 推進方法

各開発課題別の目標設定を明確化し、達成状況を開発推進会議にて進捗管理を実施する。

また、京速計算機のハードウェア開発グループや産業界とも定期的な会合を持ち、ターゲットアプリケーションが使いやすく、かつ性能を発揮できるよう推進していく。

#### 5. 開発体制

(集中研究開発拠点:分子研)

分子研、東大物性研、東北大金材研、KEK物構研、産総研など

## <次世代生命体統合シミュレーション> 開発ロードマップ(一提案)

### 1. 開発目標

- (1) 腫瘍・心血管疾患のシミュレーションモデルの構築による現象把握
- (2) シミュレータによる治療技術支援

### 2. 日程及び実現方法

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			既存ナノシミュレーションモデルの改良(QM-MM, FMO, ProteinDFなど)				
ナノスケール	研究会を組織し、細部を検討	プログラム分析と部分的書き直し	膜モデリング(細胞・薬物取り過程など)	モデル改良と高速化	高速コンピュータでの実行テスト・改良		
		モデル作成とプログラム開発	毛細血管・血栓モデリング	モデル改良と高速化	高速コンピュータでの実行テスト・改良		
		モデル作成とプログラム開発		モデル改良と高速化	高速コンピュータでの実行テスト・改良		
細胞スケール			周所統計によるモデル(均質・非均質、平衡・非平衡)				
		モデル作成とプログラム開発		モデル改良と高速化	高速コンピュータでの実行テスト・改良		
		原始的単細胞生物でのフル・シミュレーション(DNA複製・修復・転写・膜の選択的輸送・エネルギー代謝など)		モデル改良と高速化	高速コンピュータでの実行テスト・改良		
臓器・全身スケール			熱流体構造連成モデル				
		既存プログラムの改良と機能追加	超音波伝搬モデル	モデル改良と高速化	高速コンピュータでの実行テスト・改良		
		モデル作成とプログラム開発		モデル改良と高速化	高速コンピュータでの実行テスト・改良		
手術応用モデル開発			手術シミュレーション(HIFU・DDS・ハイパーサーミア・カテーテル・内視鏡手術など)				
			マルチモデル統合と手術モデル作成とプログラム開発		医療現場での適用テストと改良		医療現場での適用支援改良

■ (ア)    ■ (イ)    ■ (ウ)

### 3. 推進方法

目標設定は平成17年度から計算科学・工学・生物学・医学関係者による研究会を組織し、18年度半ばまでに細部を決定。

研究会は開発開始時点で開発の実施部隊とし、月一回の連絡会、年一回の推進委員会で進捗の管理を行う。

### 4. 開発体制(集中研究開発拠点:東大)

東大(工学部、医学部、生研) 理研、東京医大、慶応大、阪大蛋白研、京大、分子研、食品衛生研究所、名大

- 4 . 議論の材料として重要なため、第1回資料2 - 5の計画表に、例えば以下のような形で項目を整理して追加されたい。

資料2-5への追加項目(例)					
	開発項目	開発要素/項目	目標値	費用	平成17年度
ソフトウェア	システムソフトウェア	詳細化			
		項目の追加と詳細化			
費用算出の根拠について困難であれば、過去の類似システムでの開発実績を記入のこと。					

ポイント

計画表中の開発要素/項目を詳細化した内容を記載した。(次ページ「京速計算機システム開発スケジュールと開発要素/項目」を参照)



4. 今後詰めていかなければいけないところが残っていると考えられるが、平成18年度上期含めて、1年ごとにチェックしていくシステムを構築することが必要ではないか。

ポイント

情報科学技術委員会による1年毎の評価と外部評価会における事業の節目(2~3年毎)に評価を行う。また、アドバイザリーボードを設け、プロジェクトリーダーはアドバイザリーボードと相談しつつプロジェクトを推進する。

1. 評価スキームと評価主体

事業の評価は、研究計画・評価分科会の下の情報科学技術委員会において、毎年度、概算要求前(毎年7月頃を予定)にプロジェクトの進捗状況について評価を行う。評価結果を次年度予算要求に反映させる。半導体の専門家を委員に加え、半導体技術についての評価も行う。さらに、必要に応じ作業部会を設置する。

また、第三者による外部評価会を設け、計画の節目における事業評価を行う。

2. 評価スケジュールと内容

日程	情報科学技術委員会 < 毎年度プロジェクト進捗状況の評価 >	外部評価会 <sup>(注)</sup> < 計画の節目での評価 >
平成17年8月	本プロジェクトの事前評価 関連プロジェクトの進捗評価 等	
平成18年7月	要素技術開発の進捗評価 等	
平成19年1月		外部評価会の設置
平成19年7月	要素技術開発と設計の進捗評価 等	中間評価 (仕様・実装技術の内容ならびに発注を判断)
平成20年7月	ハードウェアの設計結果、実装技術開発結果、ソフトウェア設計評価 等	
平成21年7月	実装技術、ソフトウェア評価 等	
平成22年7月	ハードウェア製作、ソフトウェア評価、運営方法 等	
平成22年12月		第1次事業評価 (研究開発全体について評価)
平成23年7月	システム強化方法、運営状況 等	
平成24年7月	システム強化状況、運営状況 等	
平成24年12月		第2次事業評価 (COE形成・運用について評価)
平成25年度以降	毎年7月にプロジェクト進捗状況について評価	概ね3カ年間隔で運用・普及について評価

(注) P.52 のコンティンジェンシー・プランの日程 の場合

3. アドバイザリーボード

事業の推進にあたり、重要事項について、助言等を随時行うアドバイザリーボードを設ける。アドバイザリーボードは過去にスーパーコンピュータを製作するプロジェクトの中核的な役割を果たしたシニア外部学識経験者等数名から構成し、プロジェクトリーダーと協力して事業の推進を行う。

#### 4. 参考説明 平成22年度に運用開始する必要性について

##### ポイント

平成22年度に運用を開始する必要性は以下の通りである。

- (1) 米国を上回るシステムを先駆けて整備・運用を開始することで、我が国のスーパーコンピューティングにおける国際的地位を大幅に向上させる。
- (2) 異機種統合技術、グリッドミドルウェア技術において、国際標準（デファクト・スタンダード）化で米国に対して先行する。
- (3) 地球シミュレータ以後、ナショナル・リーダーシップ・スパコン（以下、NLS）の開発が途絶えていることから、我が国のNLS不在の期間が発生する見込みであり、その期間をこれ以上延ばさないようにする。
- (4) 半導体45nmプロセス技術への開発投資を進めるための契機として、京速計算機プロジェクトを進める必要がある。
- (5) 継続的なNLS開発は、ベンダーのスーパーコンピュータ開発体制の維持にとって有益である。
- (6) 第3期科学技術基本計画における我が国の科学技術発展のための研究基盤整備事業の一環として、その最後の年度である平成22年度に、京速計算機システムの運用を開始する意味がある。

##### (1) 海外動向からの必要性

米国を上回るシステムを米国に先駆けて整備・運用を開始することで、我が国のスーパーコンピューティングにおける国際的地位を大幅に向上させる。

（米国では平成21年に複合型計算機で1ペタFLOPSの実現を計画している。）

##### (2) 国際標準（デファクト・スタンダード）化に関する必要性

異機種統合方式に関係するハードウェア技術、ソフトウェア技術、グリッドミドルウェア技術における国際標準（デファクト・スタンダード）化で米国に先駆けるためには、一刻も早く「最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用」プロジェクトを立ち上げ、可及的速やかに様々なアプリケーションソフトウェアで成果を上げ、普及させることが重要である。

仮に、この競争で米国に負けた場合、米国は京速計算機システムとは異なる国際標準（デファクト・スタンダード）を世界に発信することになり、その場合、京速計算機システムの利用普及が著しく阻害される。

##### (3) NLS運用期間の断絶に関する必要性

平成14年に運用を開始した前世代のNLSである地球シミュレータの寿命が平成20年頃に迎えようとしている。その頃には、地球シミュレータに匹敵するナショナル・インフラストラクチャ・スパコン（以下、NIS）が登場し、我が国のNLS不在の期間が発生する見込みである。これ以上、その期間を延ばすことは出来ない。

(4) 半導体45nmプロセス技術のトレンドとの整合性に関する必要性

半導体45nmプロセス技術への開発投資を進めるための契機として、京速計算機プロジェクトを進める必要がある。ITRSの半導体ロードマップによると、平成22年に45nmの技術の実用化が示されており、京速計算機システム運用開始が平成22年度の計画であることから、日程が合致している。

: International Technology Roadmap for Semi-conductor

(5) ベンダーのスーパーコンピュータ開発体制の維持に関する必要性

2007年問題

スパコン創成期(昭和50年代)を支えた技術者世代が、平成19年の前後に一斉に定年を迎えることで、若い世代の技術者を教育できる立場にある人材が離散する事態が危惧されている。その前に、定年間近のシニア技術者の技術を継承し、組織としての技術レベルを維持する必要がある。継続したスパコン開発

スパコン開発を継続して行われる場合、技術者も継続的に開発に従事することが出来る。そのことで、組織内の技術が若い技術者に効率的に伝わり、開発プロジェクトを安定的に進めることができる。

(6) 第3期科学技術基本計画に関する必要性

第3期科学技術基本計画における我が国の科学技術発展のための研究基盤整備事業の一環として、その最後の年度である平成22年度に、京速計算機システムの運用を開始する意味がある。

以上の理由から、平成22年度に運用を計画している「最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用」プロジェクトを今すぐ開始する必要がある。

## 5 . コンティンジェンシー・プランについて

- 5 . 説明のあったコンティンジェンシー・プランにおいて、ソフトウェアはすべて不確実性「無」となっているが、それはどのように裏づけされたものか。再検討の上、もし不確実性があるということであれば、ソフトウェアの代替案や開発体制含めた、コンティンジェンシー・プランを示されたい。

### ポイント

ソフトウェアの研究開発は既存のプロジェクトの成果などをベースに進める。

#### 1 . システム統合ソフトウェア

現在、Linux や UNIX などの異機種 OS からなる HPC システムの統合ソフトウェアとして SCore<sup>(注)</sup>があり、この仕様を、「最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用」におけるシステム統合ソフトウェアのベースとし、開発を行う。

#### 2 . 遠隔利用、広域分散環境向け国際標準グリッドミドルウェア

現在、「超高速コンピュータ網形成プロジェクト(通称：NAREGI)」(研究代表者：国立情報学研究所 三浦謙一教授)の成果(平成17年度末にプロトタイプ版が完成する)や「スーパーコンピュータネットワークの構築(通称：バイオグリッド)」(研究代表者：大阪大学 下條真司教授) ITBL プロジェクト(ITBL 委員会委員長・宇宙航空研究開発機構 福田正大参事)などでの成果をベースにし、開発する。

#### 3 . 次世代ナノ統合シミュレーションソフトウェア

現在、NAREGI のナノアプリケーション開発実証研究の中で、新しいナノサイエンスを切り拓くため、分子の動きを解明する理論の構築(RISM 理論：分子科学研究所 平田教授) タンパク質そのものの電子構造を計算するプログラム(FMO：産業技術総合研究所 北浦和夫総括研究員) エネルギー最小構造を求めるプログラム(レプリカ交換モンテカルロ：名古屋大 岡本祐幸助教授)やそれらを統合するナノグリッドシミュレータなどがある。

「最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用」における次世代ナノ統合シミュレーションソフトウェアに必要な要素技術が確立している。

#### 4 . 次世代生命体統合シミュレーションソフトウェア

現在、ミクロスケールの第一原理計算・量子化学計算による生命現象へのアプローチやマクロスケールでの連続体計算など、各研究開発要素の方法論は確立されつつある。

「最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用」における次世代生命体統合シミュレーションソフトウェアは、これら方法論の統合や、方法論の計算科学的手法の確立やプログラム開発などにより開発が可能である。

以上より、「最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用」におけるソフトウェア開発は、半導体プロセス(65nm/45nm)の選択によらず、研究開発を進めることができる。

(注)：経済産業省リアルワールドコンピューティングプロジェクト(RWCP；平成4年度～11年度)の開発成果である。現在は、PC クラスタコンソーシアム(会長：東京大学 石川裕助教授)が、開発成果を継承し、開発、発展、普及を促進している。

## 6. 運用について

6. 運用コストが、年間約100億円とのことであるが、その積算根拠（電力代含む。）を示し、どのようにして長期的に維持が可能か示されたい。

### ポイント

電力代約22億円、保守費約46億円、運営費約13億円からなる。法整備により運営主体に交付金を支出するとともに、課金制度の導入、運営主体独自の資金獲得を行う。

### 1. 運用コストの内訳

項目	金額（億円）
電力代(30.0メガW)	22.1
計算機等保守費	32.0
その他保守費	13.8
運営費	12.6
合計	80.5

（注）消費電力は2. のシステムで算出

### 2. 運営資金の調達

運営を長期的に安定して行うため「特定放射光施設の共用の促進に関する法律（共用法）」の一部を改正することにより、SPring-8と同様の共用のしくみを導入し、交付金により共用促進事務を行う者（運営主体）が運営する。

また、課金制度を導入し、運営経費の外部負担を図る。ただし、学術研究等、利用者の性格や成果の取り扱いに応じた割引や補助制度を検討する。

さらに、ソフトウェア等のライセンス供与など、多角的な資金獲得を目指す。

### 3. 共用の促進

京速計算機システムを、単独の研究機関が使うのではなく、国が主体的に公平で効率的な共用を進め、産学官の幅広い研究者に機会を与えることが共用の基本的考え方である。運営主体は整備主体とは独立に共用促進事務を行い、整備主体といえども一利用者としての立場で利用することになる。

また、京速計算機システムは、国により整備され、運営費交付金が投入されることから、利用の性格や成果の取り扱いに応じた利用料金とすることが共用の促進の観点から適切である。

（参考）

地球シミュレータの運用コスト（平成17年度）

項目	金額（億円）
電力代(5.0メガW)	5.1
計算機等保守費	23.1
その他保守費	14.1
運営費	11.1
合計	53.4

6. 民間も利用できることは良いことであるが、およそどのくらいの費用が必要となるか示されたい。また使い勝手を良くしていくことを考えているか。

#### ポイント

運営ポリシーや課金ポリシーについて、整備主体及び運営主体により検討し、外部評価を通じ策定する。その際、地球シミュレータの例も参考にする。また、設計段階から遠隔利用・セキュリティの確保を考慮して設計する。さらに計画当初から「スーパーコンピューティング技術産業応用協議会(仮称)」などのユーザーの意見を反映して使い勝手を良くしていく。

### 1. 課金方法を決めるプロセス

整備主体および運営主体が課金に関して検討し、それに対し第三者による外部評価会の意見を踏まえた上で運営主体が決定する。(文科省の認可事項)

日程	整備主体・運営主体	外部評価会	文部科学省
平成 18 年 10 月	運営ポリシーの検討開始。その中で課金ポリシーの検討開始 課金の前提となる経費の算定		
平成 19 年 3 月	運営ポリシー案と課金ポリシー案の作成と答申を受けての決定	運営ポリシーと課金ポリシーの意見の答申	運営ポリシー・課金ポリシーの認可
平成 19 年 4 月	課金方法の検討開始		
平成 19 年 9 月	課金方法案の作成と答申を受けての決定	課金方法の意見の答申	課金方法の認可
平成 20 年 4 月	課金システムの作成		
平成 22 年 4 月	運営開始に伴う課金システム稼働		

### 2. 利用料金の考え方

利用料金は、広範囲な利用を図るため、すべての原価を回収するのではなく、直接的な運営費をもとに算定することを考えている。また、学術利用や、成果の取り扱い(占有・公開など)に応じた割引や補助の制度を検討する。

### 3. 利用利便向上のための方策

また、利用者にとって使い勝手を良くするために、設計段階からグリッドを活用した遠隔利用、セキュリティ確保を考えた整備を行う。

運営を開始した後は「先端計算科学技術センター(仮称)」を中心としてソフトウェアの更新など利用環境の向上・効率的利用を図る。さらに、産業界のユーザーの団体である「スーパーコンピューティング技術産業応用協議会(仮称)」においてユーザーの意見を集め、使い勝手の向上を図る。

(参考) 地球シミュレータにおける利用料金設定の考え方

(平成 17 年 3 月 18 日 海洋研究開発機構 (JAMSTEC) の資料より抜粋)

1. 背景及び目的

地球シミュレータ運用について、これまでは限定的な特定ユーザーのみを対象とした分担金型収入を前提としてきた。しかしながら、産業界への活用促進や競争的資金等による新たな地球シミュレータ利用者の拡大が見込まれるところ、産業界を含め多様なユーザーの受け入れ等を進める観点から、平成 17 年度より地球シミュレータ利用に係る料金制度を導入する。

2. 料金化

平成 16 年度までの限定的な特定ユーザーを対象とした分担金的取り扱いから、汎用的な料金制度へ移行し、各ユーザーに対し、使用する計算資源量 (ノード・時間) に応じて課金する。

(地球シミュレータの平成 17 年度における計算資源量 510 万ノード・時間を予定)

3. 料金設定 (基本料金)

料金制度では法人として適正な対価を設定、即ち一般に原価回収として考えられる年間の直接的な運用費の他、固定資産税、人件費、間接的に発生する経費等、減価償却費も含めたフルコストを基本的な算出の根拠とする。

ただし、地球シミュレータは、幅広い利用の促進を図る観点から、国により整備され、また、運用にも一定規模の運営費交付金が投入されているため、一般企業のように一律にフルコストを課すのではなく、研究課題の性格や成果の取り扱いの差異に応じて段階的な減額制度を取り入れた料金を設定。

【地球シミュレータの利用料金】

区分	利用形態	ノード・時間当たりの利用料金	計算資源 1% 当たりの利用料金
A. 減額なし	成果をユーザーが占有する場合等	2,265 円	115,500 千円
B. 30% 減	公的資金を得て行う重点化プロジェクト等の場合	1,585 円	80,850 千円
C. 50% 減	新たなユーザー開拓のために、期間を限定して利用促進を図る場合	1,132 円	57,750 千円
D. 70% 減	JAMSTEC の研究開発に密接に関連するテーマで成果を JAMSTEC と共有する場合	679 円	34,650 千円
E. その他	JAMSTEC の研究開発の一環として実施することが適当である場合	個別判断して更に減額 (最大で 100% の減額)	

(利用料金は消費税込)

## 7. 人材育成について

7. ヒアリング時あまり説明がなかったが、研究教育拠点含め、人材育成について、具体的な内容を示されたい。

### ポイント

「先端計算科学技術センター(仮称)」を研究教育拠点として人材育成を行う。この教育拠点は、平成18年度新規事業により構築される「先端シミュレーション人材育成拠点」を引き継ぎ、永続的に絶え間なく先端シミュレーション人材を輩出するものである。

シミュレーション全般、あるいはシミュレーションから計算機システム全体までを俯瞰できる人材の育成により、「知の統合」による成果の波及効果・相乗効果をより一層高め、「イノベーター日本」の実現を牽引することを目指す。

### 1. 研究教育拠点について

「先端計算科学技術センター(仮称)」を研究教育拠点として人材育成を行う。「先端計算科学技術センター(仮称)」には、国の内外から様々なシミュレーション分野の専門家、計算機の専門家を集める。専門家は若手研究者の人材育成も合わせて行う。

「先端計算科学技術センター(仮称)」は、平成18年度の新規事業「産学官連携による先端シミュレーション人材育成拠点形成プログラム」にて構築する、シミュレーション人材育成拠点を引き継ぐものであり、同センターを拠点として永続的に絶え間なく先端シミュレーション人材を育成・輩出することを目的とする。

### 2. 育成を目指す人材

シミュレーション人材の育成にあたっては、大規模科学技術計算を実際の問題に活用できる技術を習得させるとともに、個別の科学技術分野について高い専門性を有し、かつシステムソフトウェアおよびハードウェアも含めた幅広い視野を持つリーダーたり得る人材の育成を目指す。具体的には、次の3タイプの人材を育成する。

- ・シミュレーションの角度から、広範な分野(特に新興・融合領域)を見通せる人材
- ・計算機のアーキテクチャ(設計)やシステムソフトウェア(OS、プログラミング言語、ライブラリ)を提案できるシミュレーション技術者
- ・アプリケーションソフトウェアを作成できるアーキテクト(計算機設計者)やシステムソフトウェア開発者

幅広い利用分野の人材とスパコン開発者が集う「先端計算科学技術センター(仮称)」で人材育成を行うことにより、シミュレーション全般、あるいはシミュレーションから計算機システム全体までを俯瞰できる人材の育成が期待できる。

### 3 . 人材育成の具体的内容（平成 1 8 年度の新規事業内容）

大学や研究機関ならびに産業界における比較的若手の研究者・技術者から受講生を選抜する。

受講生は、第一線で活躍する研究者から、種々の物理現象を支配する基本法則、その数理モデル、数値解析法、並列プログラミング手法、可視化なども含めた大規模データの処理・解析法などの講義を受ける。

特に、対象とする物理現象に関しては、受講者の専門とする分野だけではなく量子力学から連続体力学に至るまで、さまざまな物理現象の理解とその数値解析法の基礎的な事項に関して習得させることを目指す。また同時に大規模数値解析に関して共通的な、行列演算、並列処理、可視化処理、計算機技術などについても習得させる。

このような知識を習得した後、受講生が抱えている実際の問題に関して、スパコンを使用し、シミュレーションを実施することにより、実際に問題に対する解を得ることまでも目指す。

### 4 . 期待される効果

高度なシミュレーション人材を育成することにより、基礎科学分野における大規模科学技術計算のさらなる利用促進と産業界における大規模科学技術計算の本活的な利活用が開始され、我が国の基礎科学分野における国際的な優位性が確立され、かつ国際的な産業競争力の抜本的な強化に結びつく。また、各分野の連携を強化することで、「知の統合」による成果の波及効果・相乗効果をより一層高め、「イノベーター日本」の実現を牽引する。

7. ソフトウェア人材が重要と考えられるが、どのようなソフトウェア人材を育成し効果を出していこうと考えているか示されたい。

ポイント

7. の2項、4項を参照。

## 8 . 関連する情報、その他

- 8 . 参考情報として、当研究開発内容と関連が深い、現在稼働中の「地球シミュレータ」での成果や問題点・改善点等について、運用を含め示されたい。

### ポイント

「地球シミュレータ」は、最近では大気・海洋分野、固体地球分野等での研究成果の他、産業界への応用に関する成果も出し、その運用機関である地球シミュレータセンターでは、課金制度の導入や遠隔利用等の実施など運用改革にも取り組んでいる。

### 1 . 地球シミュレータの最新の成果

平成14年の運用開始当初より、地球温暖化予測など地球環境分野での成果を着実に蓄積すると共に、最近では、自動車衝突実験等の構造解析シミュレーションを実施し、産業界への応用に関する成果もあげてきている。

#### (1) 大気・海洋分野

「高分解能大気海洋モデルを用いた地球温暖化予測に関する研究」

「地球シミュレータ」を用い、東大気候システム研究センター、国立環境研究所及び海洋研究開発機構は、地球全体の大気・海洋を計算するものとしては世界最高の解像度を持つ大気・海洋結合モデルを用いた2100年までの地球温暖化の見通し計算を実施。気温、降水量ともに平均的に増加すると共に、真夏日の日数、豪雨の頻度とも温暖化が進むにつれて平均的に増加することが示唆される結果が得られた。

「革新的大気・海洋・陸面結合非静力シミュレーションコードの開発」

地球シミュレータセンターでは、全球と領域を結合する新たなシミュレーション手法を用いた革新的大気・海洋・陸面結合非静力シミュレーションコードの開発を行い、全球で大気5.5km、海洋11km、日本領域で大気・海洋2.8kmの気象シミュレーションに世界で初めて成功した。このシミュレーションコードを用い、台風の進路予測のシミュレーションを行ったところ、台風による局所的な海水の混合がおこり、そのことが台風の進路や大雨領域の形成に大きく影響することが判明した。これにより、大気のみでのシミュレーションによる予測は不確実であることも明らかになっている。

#### (2) 産業利用分野

「車まるごとリアルタイム高精度シミュレーションの検討」

地球シミュレータセンターと社団法人日本自動車工業会との共同研究により、車体をより精緻にシミュレーションするための高精度化モデルにより、世界で初めて車体の解像度が1,000万メッシュの衝突シミュレーションに成功した。これにより、従来の解像度では再現できなかった部品の変形の再現に成功すると共に、衝突時の加速度変化なども、より実際の衝突実験の結果に近くなった。このことは、衝突安全性の設計のシミュレーションが実用化できるという科学的根拠となった。

### (3) 海外との協力

「気候変動モデル開発における日英協力」

地球シミュレータセンターと英国ハドレー気候研究センター、英国レディング大学グローバル大気モデリングセンターとの共同研究を平成17年1月より正式に開始。大気・海洋の他、海氷・陸域の各モデルを取り入れた気候モデルに加え、エアロゾルを含む化学モデルや生態系モデルを統合した高性能モデルの開発を協力して実施。

日英首脳共同声明(ブレア英首相・小泉総理):日英科学技術パートナーシップにおける「未来技術に関する日英合同計画」の一環として実施。

## 2. 課金制度の導入

### (1) 目的、解決しようとする問題点

- ・産業界を含めた多様なユーザーの受け入れを進めるために、課金制度の整備が必要。

### (2) 従来(平成16年度まで)

- ・平成16年度までは、限定的な特定ユーザーを対象とした分担金の取り扱い研究成果については原則公開。

### (3) 新規(平成17年度から)

- ・平成17年度からは、汎用的な料金制度へ移行し、各ユーザーに対し、使用する計算資源量(ノード・時間)に応じて課金する。
- ・法人として適正な対価を設定、つまり一般に原価回収として考えられる年間の直接的な運用経費の他、固定資産税、減価償却費なども含めたフルコストを基本的な算出根拠とする。
- ・国により運営費交付金を投入されていることから、一般企業のように一律にフルコストを貸すことは適当ではなく、研究課題の性格や成果の公開状況に応じて段階的な減額制度を設けている。
- ・産業界等による利用を念頭に、成果を公開しない課題についても受け入れる体制を整備。

### (4) 効果

- ・新たな課金制度・利用制度によって、多様なユーザーの受け入れが進んでいる。

### 3. 遠隔利用

#### (1) 目的、解決しようとする問題点

- ・研究環境と利便性の改善

#### (2) 従来（平成16年度まで）

- ・ユーザーは直接地球シミュレータセンターに来訪し、地球シミュレータシステムを熟知するプログラム支援者からプログラミング技術支援を受けていた。こうしたプログラム最適化支援の結果、地球シミュレータの効率的な運用が可能となった。
- ・回線速度の問題から大量のデータ転送を伴う遠隔地からの利用は不可能であった。

#### (3) 新規（平成17年度から）

- ・ユーザーの最適化の重要性に対する認識が行き渡ったことにより、以下の2つの理由から、ユーザーが使用するプログラムの熟成度に応じて限定的に遠隔利用を認めることができるようになった。  
ある一定の条件（プログラムの効率性等）を満たしたプログラムを有するユーザーについては、地球シミュレータセンターによるプログラム支援が無くても、効率的に地球シミュレータを利用できると考えられるため。  
超高速回線であるスーパーSINET（10ギガbps）の接続によって、遠隔地への大量のデータ転送が可能になったため。

#### (4) 効果

- ・平成17年9月時点で、59人（全ユーザー数799人）、31機関（全190機関）が遠隔利用を行っている。

8. 平成23年までの演算資源の需要と供給について、第1回資料2-2に説明図があるが、これは、ほぼ日本全体を示していると考えてよいか。具体的には、どこまでをカバーした需要と供給予測で、どのような算定根拠に基づくものか。また、平成23年以降の見通しも示して欲しい。

#### ポイント

スーパーコンピュータの演算資源の需要と供給のギャップは大きく、算出した予測以上の需要があると考ええる。

### 1. 需要予測の方法

#### (1) 基準となる演算資源の供給量

平成16年3月における文部科学省所管のスーパーコンピュータ(「スーパーコンピュータ導入手続」におけるスーパーコンピュータの定義である1.5テラFLOPS以上の性能をもつもの)の供給する演算資源を基準とした。これは文部科学省所管の機関のすべてのスーパーコンピュータの演算資源の供給量の8割強にあたる。

#### (2) 需要と供給の予測の範囲

文部科学省所管の機関におけるスーパーコンピュータの需要と供給の予測を行ったものである。(注)

#### (3) 供給の予測の方法

平成16年3月から平成17年9月までの文部科学省所管の機関が供給する1.5テラFLOPS以上のスーパーコンピュータの供給の伸びをベースとして算定した。

#### (4) 需要の予測の方法

需要は、地球シミュレータにおける平成16年3月における供給演算量の約20倍の要求演算量(800テラFLOPS)があったことを踏まえ、平成16年3月における文部科学省所管スーパーコンピュータに対しても同様に約20倍の2ペタFLOPSの要求演算量があると推定し、需要の伸びはムーアの法則(1.5年で2倍)に従うものとして推定した。

(注)平成17年6月のトップ500リストに掲載された文部科学省所管以外の機関が所持するスーパーコンピュータの総供給演算量は5.3テラFLOPSであることから、文部科学省の所管機関の所有するスーパーコンピュータは日本全体の約7割の演算量を供給している。

### 2. 需要予測結果

1.の方法に基づき需要予測を行った(次頁の図)。このトレンドから

- ・平成22年3月に3.2ペタFLOPS
- ・平成25年3月に1.28ペタFLOPS

の計算需要が予測される。

### 3. 将来のアプリケーションから見た需要予測

上記の推定は現在のアプリケーションを前提としているが、計算科学技術ワーキンググループで将来のスーパーコンピュータに見込まれるアプリケーションとそれが必要とする計算能力の検討を行っており、非常に多くの計算機資源が必要であるとの予測がなされている。

例えば、人間丸ごとシミュレーションのためには5.6ペタFLOPS、熱流動直接解析シミュレーションでは10.5ペタFLOPS、創薬のための近似模擬実験のためには20ペタFLOPSの性能が必要であると予測されており、これらのグランドチャレンジとなるアプリケーションによる成果を得るために必要な演算資源を考えると、上記の推定をさらに上回る需要が見込まれる。

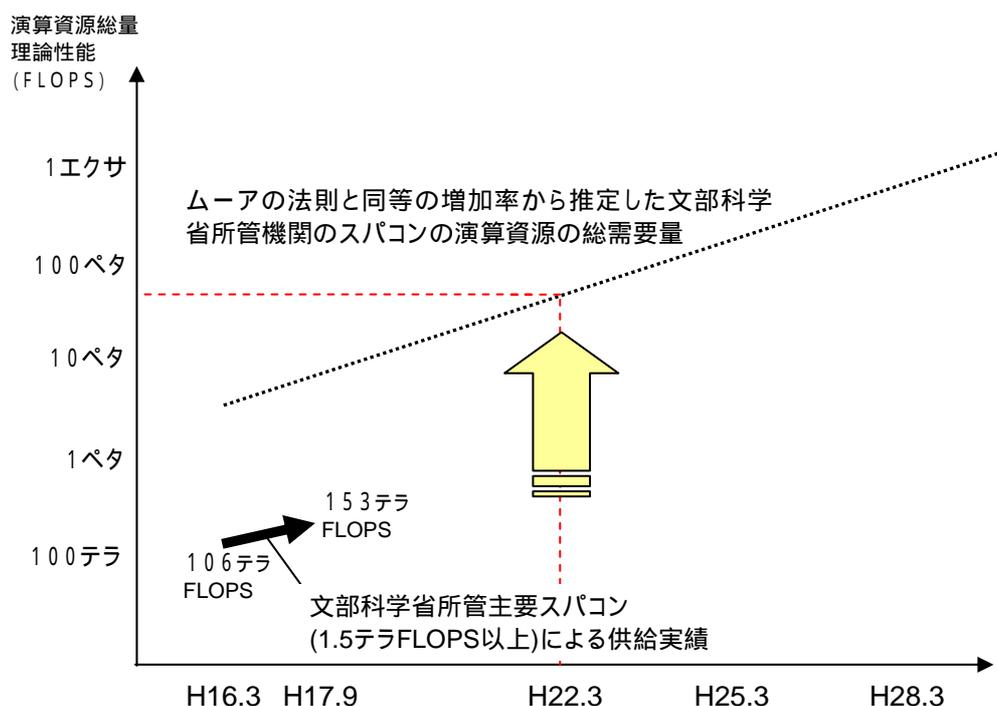
文部科学省の所管法人等の主要なスーパーコンピュータ（1.5 テラ FLOPS 以上）  
の供給する演算資源

（演算性能の単位：ギガ FLOPS）

機関名	機種名	対象システム数	H17年9月の 総演算資源	H16年3月の 総演算資源
北海道大学	SR-8000(*)	0	256	256
東北大学	SX-7/232	1	2,048	2,048
筑波大学	CP-PACS(*) 等	0	1,756	1,756
東京大学	SR11000 等	4	22,719	4,857
東京工業大学	Presto III	1	1,640	1,640
名古屋大学	PRIMEPOWER HPC2500 等	2	13,843	614
京都大学	PRIMEPOWER HPC2500 等	2	9,285	9,285
大阪大学	SX-5/128M8(*)	0	1,280	1,280
九州大学	VPP5000(*) 等	1	3,283	614
北陸先端科学技術大学院大学	CRAY XT3E	1	1,728	150
分子科学研究所	SR11000 等	2	10,446	10,446
国立情報学研究所	PRIMERGY RX200	1	1,567	1,567
日本原子力研究機構	Altix3900 等	3	16,999	5,514
物質・材料研究機構	SR11000	1	6,700	6,700
理化学研究所	RSCC	1	12,800	12,800
宇宙航空研究開発機構	PRIMEPOWER HPC2500	1	9,300	9,300
海洋研究開発機構	地球シミュレータ	1	40,960	40,960
	合計	22	153,318	106,495

(\*:合算対象外)

## スパコン演算資源の需要と供給



8. スパコントップ500等でトップを取れるものを作るだけでなく、日本全体の計算機環境を世界トップにするという視点での、一種のベンチマークを示して欲しい。

#### ポイント

トップ500の上位の計算機の演算資源量を国内総生産(GDP)比で比較する。平成17年にはGDP比換算で米国の4割の演算資源量にとどまっており、米国と同等水準の達成がベンチマークとなる。ただし、性能比較でLinpackとは別の指標を用いることも検討する。なお、日本全体の計算機環境の向上のためには大学・公的研究機関の計算機の増強を継続的に行っていく必要がある。

### 1. 指標の考え方

スーパーコンピュータは、科学技術研究だけでなく、企業における開発、金融においても広く用いられることをかんがみ、GDPあたりのスーパーコンピュータ演算資源量が、その国の計算環境の現実に最も即している評価指標と考えられる。スーパーコンピュータは、トップ500の100位以内\*という定義が比較に適していると判断できる。

(注)日本国内では、企業における開発、金融、非研究政府機関で用いられているスーパーコンピュータでも、下位のものはトップ500に登録されておらず、本来のスーパーコンピュータという意義は、100位以内にあると考えられる。

### 2. 指標による日米比較

この考えをもとに日米の演算資源量比較を示した図を次ページに示す。平成7年前後の日本のスーパーコンピュータ環境は米国とほぼ拮抗していたが、地球シミュレータ登場以降、米国との差は開いており、平成17年ではGDP比を考慮しても米国の4割の演算資源量にとどまっている。

平成15年から平成17年の日米の演算資源量の平均増加率から推定すると平成22年には米国が約33ペタFLOPSに達するのに対して日本はGDP比を考慮しても4.5ペタFLOPSにとどまり、日米の差は決定的なものとなる。

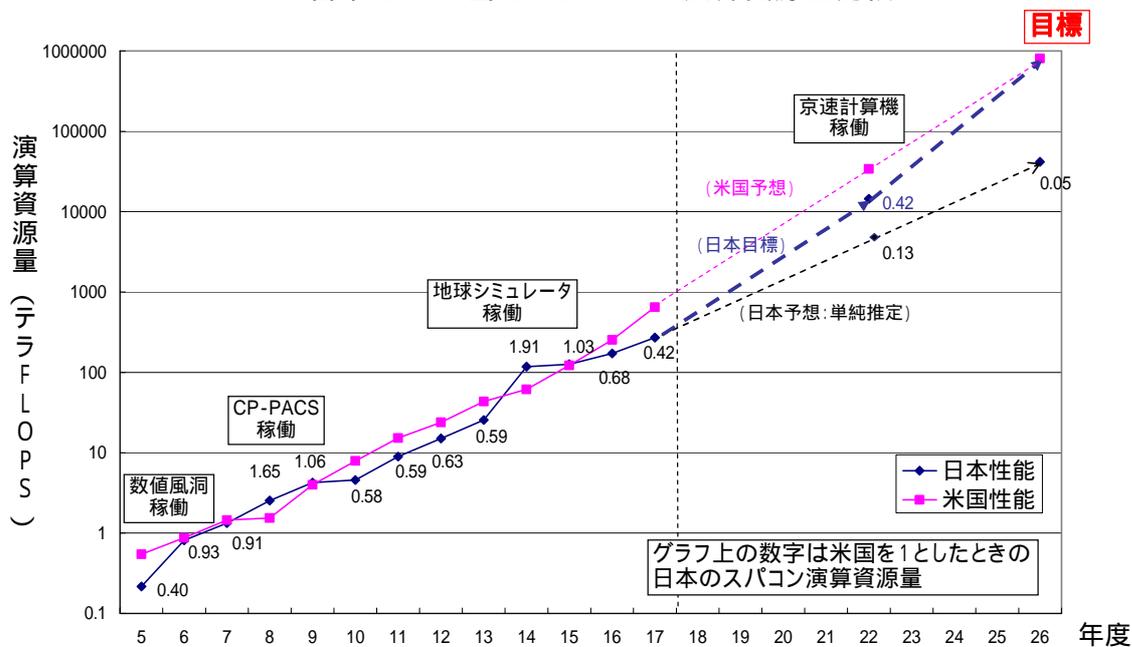
### 3. 指標の改善

トップ500の指標となっているLinpackが実アプリケーションにおける性能を示すものには必ずしもなっていないという問題があり、より多角的で現実的なベンチマークを積極的に導入すべきという考え方がある。現状ではHPC Challengeベンチマーク(<http://icl.cs.utk.edu/hpcc/>)が有力である。ただし、評価が煩雑であることや、多角的評価ゆえ優劣がわかりにくい点などがあり、何らかの工夫が必要である。これに加え、我が国独自の指標として、例えば基礎物理学の重要問題で定式化が容易なもの等を加えることも検討する。そして、これをサポートする体制や世界標準として普及させる努力が必要である。

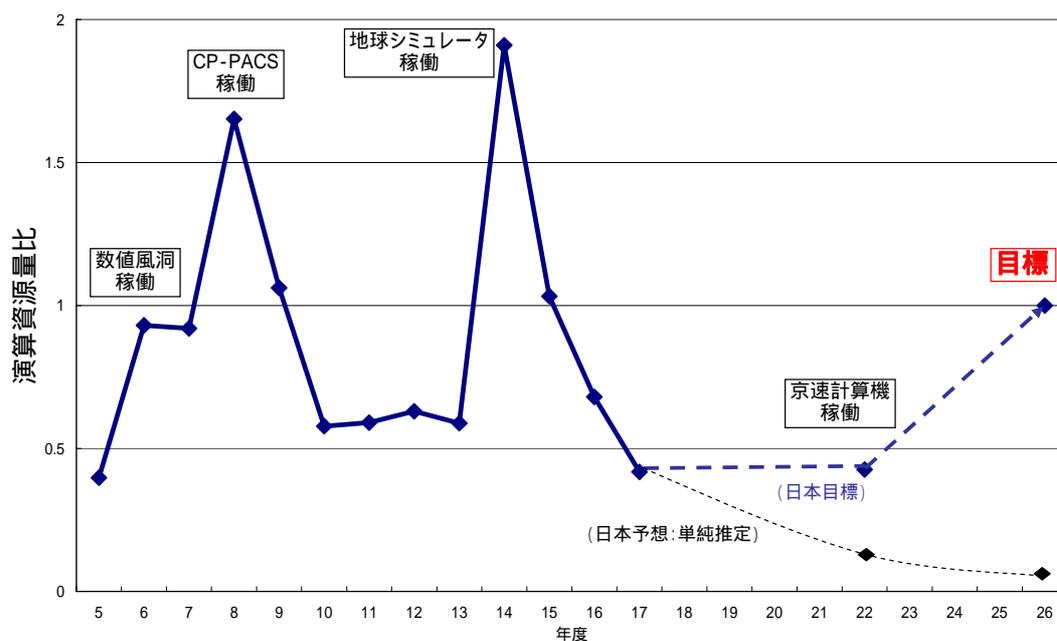
### 4. 大学・研究機関のN I S増強の継続的な実施

日本が米国と同水準の計算機環境を達成するためには、N I Sの整備だけではなく、大学・公的研究機関におけるN I Sの増強を継続的に行っていく必要がある。

## 日米のGDP当たりのスパコン演算資源量比較



## 米国を1とした場合の日本のスパコン計算資源量

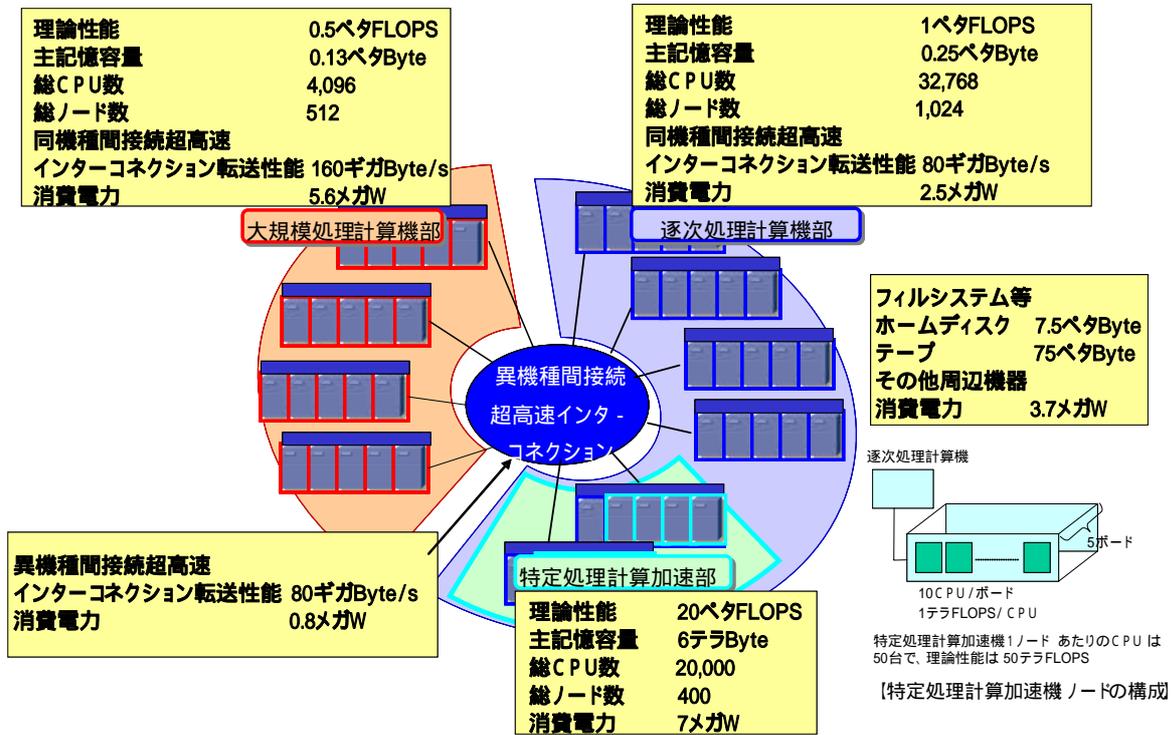


- (注)・演算資源量はトップ 500 のうちの 100 位以内の Linpack 性能の合計値 (年 2 回発表されるうちの 6 月発表分の合計)。
- ・ GDP の比は日米両国の名目 GDP を平成 5 年から平成 16 年までの平均為替レート (114.76 円/ドル) 換算による比である。
  - ・ 日本の演算資源量は米国との GDP 比で補正を行った値。
  - ・ 平成 5 年、平成 6 年、平成 17 年の GDP 比は推定値。
  - ・ 平成 22 年度は平成 15 年から平成 17 年の日米それぞれの平均計算資源量向上率で推定。

8 . 第1回資料2 - 1 p . 27の構成図で CPU 数に誤記があるとのことであったが、他にないかも確認の上、正しい値を示されたい。

ポイント  
電力容量を含め再度精査を行ったうえ、正しい値を記入した。

### 京速計算機システムの構成（イメージ）



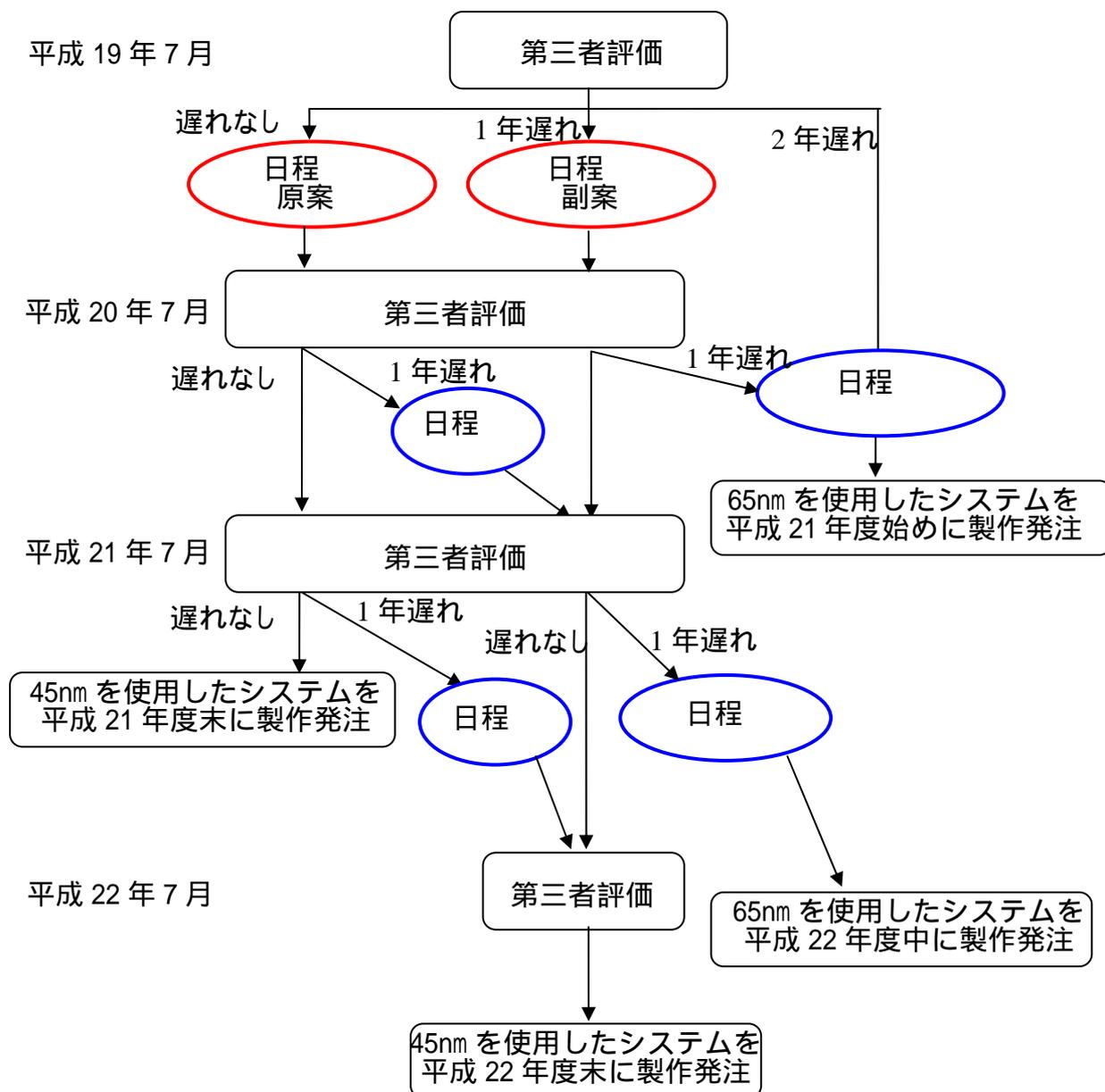
また、コンティンジェンシー・プランについても、別添の通り合わせて見直しを行った。

コンティンジェンシー・プランについて(案)

1. 京速計算機システムの開発におけるリスク管理フロー

京速計算機システムでは、ITRS の半導体ロードマップによれば、45nm LSI の利用可能な時期が平成 22 年であることから、大規模処理計算機、逐次処理計算機について、45nm LSI の利用を考えている。

しかし、最先端の LSI 技術を使う場合、歩留まり、性能不足などのリスクがある。したがって、以下のフローで、45nm LSI の利用の可否を評価し、適切にリスク管理を行う必要がある。



注) 65nm を使用する場合は、開発は行わず調達となる。

## 2. 京速計算機システムの開発における不確実性評価

### (1) 評価項目の分類

京速計算機システムの開発プロジェクトの各開発項目を不確実性に基づき、以下のよう  
に分類する。

運用部分：開発成果の実用化が確実な項目

選択部分：LSI 技術の状況により半導体プロセスの選択が必要な項目（実用化が確  
実なものを選択）

リスク部分： の選択の結果次第で、投資の回収が困難となる可能性のある項目

上記、評価項目に従って、京速計算機システム開発の各項目別に見た不確実性の検  
討結果は次表のとおり。

分類	項目	理由	不確実性
運用部分	システムソフトウェア (グリッドミドルウェア設計・製作、 評価)	グリッドミドルウェアは、サイバー サイエンスインフラストラクチャを 実現するための中核機能であ り、開発成果の実用化が確実	無
	システムソフトウェア (異機種統合ソフトウェア設計・製 作、評価)	利用可能であり、開発成果の実 用化が確実	無
	グランドチャレンジアプリケーション		無
	特定処理計算加速部	開発成果の実用化が確実	無
	異機種間接続超高速インターコ ネクション		無
	ファイルシステム等	実用化が確実	無
	立地調査、建屋建設、付帯設備 整備		無
選択部分	大規模処理計算機部(製作、シ ステム強化)	65nm/45nm のいずれかの選択 が必要	無
	逐次処理計算機部 (製作、シ ステム強化)		無
リスク部分	大規模処理計算機部・逐次処理 計算機部(設計)	65nm を選択した場合、投資を回 収できない可能性あり(注 1) - 設計:日程、 - 要素技術設計・評価:日程	有
	大規模処理計算機部・逐次処理 計算機部(要素技術設計・評価)		有

(注 1) 本プロジェクト以降(平成 25 年度以降)のスパコン開発に活かせる可能性もある

(2) 各日程での総費用、損失額等

(1)の分類を踏まえ、各日程で必要となる総費用、損失額、運用開始年度を以下にまとめた。

		使用半導体プロセス	総費用	(うち追加額)	(うち損失額)	運用開始年度
日程	45nm		1,154 億円	0 円	0 円	平成 22 年度末
日程			1,162 億円	8 億円	0 円	平成 23 年度末
日程						
日程	65nm	(注 2)	935 億円	44 億円 (-263 億円)	8 億円	平成 22 年度末
日程		(注 3)	933 億円	49 億円 (-270 億円)	65 億円	平成 23 年度末

(注 2) 調達により、設計費の一部、実装技術設計・評価費が不要となる。また、製作費(システム強化を含む)も削減される。(263 億円)

(注 3) 調達により、実装技術設計・評価費の一部が不要となる。また、製作費(システム強化を含む)も削減される。(270 億円)

- 遅くとも平成 23 年度末には、運用開始。
- 65nm 半導体を使用した場合、損失額は発生するが総費用は 45nm を使用した場合より低い。

(3)想定されるシステムスペック(イメージ)

計算機部	項目	45nm	65nm
大規模処理計算機	理論性能	0.5 ペタ FLOPS	0.25 ペタ FLOPS(注 4)
	メモリ容量	0.13 ペタ Byte	
逐次処理計算機	理論性能	1 ペタ FLOPS	0.5 ペタ FLOPS(注 4)
	メモリ容量	0.25 ペタ Byte	
特定処理計算加速機	理論性能	20 ペタ FLOPS	
	メモリ容量	6 テラ Byte	
システム全体	理論性能	21.5 ペタ FLOPS	20.75 ペタ FLOPS

(注 4) 調達するシステムの規模については、45nm を使用したシステムの運転コストと同額程度とした。

- 45nm と比較して、65nm 半導体を使用した場合、大規模処理計算機・逐次処理計算機の理論性能は半分程度になる見込み。
- 特定処理加速機を含めたシステム全体の性能では、65nm と 45nm での理論演算性能の差は 5%以下。

(参考)使用予定半導体プロセス

計算機部	項目	使用半導体プロセス
大規模処理計算機	CPU	45nm
	メモリ	製造年時点での汎用品のプロセス
逐次処理計算機	CPU	45nm
	メモリ	製造年時点での汎用品のプロセス
特定処理計算加速機		65nm
異機種間超高速インターコネクション		65nm

### 3 . 結論

- (1) LSI の選択(45nm/65nm)に関わらず、平成 23 年度末までに京速計算機システムの運用開始が可能。
- (2) 45nm LSI 技術に 1 年の遅れが生じた場合、総費用は 1162 億円(当初計画より 8 億円増 (0.7%))の見込み。
- (3) システムの全体性能は 65nm LSI 技術の場合、5%低下する。ただし、大規模処理計算機、逐次処理計算機の理論性能が 2 分の 1 となるため、当初期待された成果が得られないアプリケーションが出てくる可能性がある。

# 京速計算機システム開発スケジュール(コンテンツインジェクションプラン)

開発項目	平成17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	平成25年度
評価等	★	★	★	★	★	★	★	★	★
研究開発チーム発足		仕様・実装内容の判断 設計仕様・開発体制、立地・運用方針	45nm半導体利用判断	45nm半導体状況評価	45nm半導体状況評価	研究開発状況評価★ (ソフトウェア性能・機能等)	CO <sub>2</sub> 形成、運用評価★ (利用状況、研究成果、人材育成状況等)		

費用計

## 1. 運用部分

開発項目	平成17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	平成25年度
システムソフトウェア		異機種統合ソフトウェア設計・製作	異機種統合ソフトウェア評価						
ソフトウェア		グリッドミドルウェア設計・製作	グリッドミドルウェア評価						
Grand Challenge 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	次世代ナノ統合シミュレーション評価						
大規模処理計算機部		次世代生命体統合シミュレーション設計・製作	次世代生命体統合シミュレーション評価						
逐次処理計算機部		2項の日程 ~ 日程 から選択							
特定処理計算加速部(65nmプロセス)		設計	設計	実装技術設計・評価	実装技術設計・評価	実装技術設計・評価	実装技術設計・評価	実装技術設計・評価	実装技術設計・評価
異機種間接続超高速インターコネクション(65nmプロセス)		設計	設計	実装技術設計・評価	実装技術設計・評価	実装技術設計・評価	実装技術設計・評価	実装技術設計・評価	実装技術設計・評価
遠隔可視化装置				実装設計・評価	実装設計・評価	実装設計・評価	実装設計・評価	実装設計・評価	実装設計・評価
ファイルシステム等				設計	設計	設計	設計	設計	設計
その他		検討	設計						
立地調査、建屋建設、付帯設備整備				建設	建設	建設	建設	建設	建設
統括									
固定部分費用計	7	9	9	9	9	9	9	9	9
変動部分費用計(異機種統合ソフトウェア、次世代ナノ統合シミュレーション)	29	49	49	97	216	143	97	17	17
費用小計	36	58	58	106	225	152	97	17	0
								43	
								648	
								691	

2.選択部分  
当初計画(日程) 45nm 平成22年度未運用開始

	平成17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	平成25年度
ハードウェア									
大規模処理計算機部									
逐次処理計算機部									
費用小計	5	12	39	47	140	180	40	0	463
費用総計	41	70	145	272	292	277	57	0	1,154
									追加額
									損失額
									0

副案(日程) 45nm 平成23年度未運用開始

	平成17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	平成25年度
ソフトウェア									
システムソフトウェア									
Grandチャレンジアプリケーション									
費用小計	7	9	7	7	9	9	9		48
ハードウェア									
大規模処理計算機部									
逐次処理計算機部									
費用小計	5	6	6	6	39	47	140	180	43
費用総計	41	64	110	262	199	246	197	43	1,162
									追加額
									損失額
									8
									0

日程 45nm 平成23年度未運用開始

	平成17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	平成25年度
ソフトウェア									
システムソフトウェア									
Grandチャレンジアプリケーション									
費用小計	7	9	7	7	7	9	9		48
ハードウェア									
大規模処理計算機部									
逐次処理計算機部									
費用小計	5	12	10	29	47	140	180	43	466
費用総計	41	70	114	252	199	246	197	43	1,162
									追加額
									損失額
									8
									0

日程 45nm 平成23年度未運用開始

	平成17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	平成25年度
システムソフトウェア			異機種統合ソフトウェア設計・製作			異機種統合ソフトウェア評価			
グラント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			次世代ナノ統合シミュレーション評価			
費用小計	7	9	7	7	7	9	9		48
大規模処理計算機部			設計	実装技術設計・評価 (1年間中断)		製作			システム強化
逐次処理計算機部			設計	実装技術設計・評価 (1年間中断)		製作			システム強化
費用小計	5	12	39	38	140	140			466
費用総計	41	70	143	190	246	197			1,162
									8

注)縦線の項目は、状況によっては実施しない可能性あり。

日程 65nm 平成22年度未運用開始

	平成17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	平成25年度
大規模処理計算機部		設計	再設計	製作					
逐次処理計算機部		設計	再設計	製作					
費用小計	5	23	24	117	75				244
費用総計	41	81	130	342	227	97		17	0
									追加 損失
									8

日程 65nm 平成23年度未運用開始

	平成17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	平成25年度
システムソフトウェア			異機種統合ソフトウェア設計・製作			異機種統合ソフトウェア評価			
グラント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			次世代ナノ統合シミュレーション評価			
費用小計	7	9	7	9	9				48
大規模処理計算機部		設計	再設計	再設計	製作				
逐次処理計算機部		設計	再設計	再設計	製作				
費用小計	5	12	39	72	78				237
費用総計	41	70	143	224	184			17	0
									追加 損失
									65

注)縦線の項目は、状況によっては実施しない可能性あり。

## 8 . 参考説明 全体計画を2段階(フィージビリティスタディ段階と開発段階)に分割することによる非効率性について

### ポイント

フィージビリティスタディ(F/S)では開発が実施できないため、優秀な人材を集めた開発体制・共用体制の構築が困難となり、開発仕様の決定や設備投資も不可能である。その結果、開発の効率を著しく阻害し、プロジェクトの遅延を招き、品質の低下、費用の極大化を引き起こす。

F/S: プロジェクトの実現可能性を事前に調査・検討すること。実行可能性調査。

### 1 . ソフトウェア開発上の非効率性

#### ソフトウェア開発の特性に起因する非効率性

ソフトウェア開発において、F/S では、専門技術者を集めることが不可能であり、したがって、開発仕様の決定ができない。開発段階で初めて専門技術者を集めて詳細な仕様策定を行うことにより、膨大な開発量が見込まれるソフトウェアの開発日程は著しく遅延する。ソフトウェアの内容を熟知した研究者・技術者がプロジェクト開始当初から開発を行うことがソフトウェアの高効率な開発と高品質を確保するために必要である。

#### グランドチャレンジアプリケーション開発の特性に起因する非効率性

スパコンで用いられるグランドチャレンジアプリケーションは、物理現象を記述した基礎方程式を数値的に解くなど、物理現象の専門家、計算アルゴリズムの専門家、計算機を熟知し計算機の性能をフルに引き出す専門家等の協力によって作成される。

単なるアプリケーションの動作確認だけではなく、物理的な妥当性などの検証が必要となるため、固定されたメンバーが比較的長期(少なくとも3年以上)にわたり従事しなければならない。(短期間に大勢の人間を集中的に配置するような開発形態をとることはできない。)

つまり、計算機システムの稼働にあわせてアプリケーションが稼働するためには、計算機システムの開発と同時ないし先行してアプリケーションの開発が開始され、かつ継続的に実施されるべきである。F/S の期間は、そのまま計算機システム開発の遅れとなり、これはアプリケーション開発の遅れにもなる。

### 2 . 研究課題の追加的な盛り込みが相次ぐことによる非効率性

#### 課題発見の遅れによる非効率性

F/S を実施している間でも、個々の要素技術が日進月歩で進捗するため、必ずしも技術的な見通しが良くなるとは限らない。特に、システムとして構築した場合に起こる要素技術間の接続等の問題を発見することが困難である。従って、システム構築を早期に立ち上げることで、早期の課題の発見が可能となり、プロジェクトの遅延の影響を少なくすることができる。

#### 課題の追加的な盛り込みによる非効率性

F/S 段階で新たに研究課題が発見された場合、新たな研究課題の追加的な盛り込みの形でF/S の期間が延長され、本プロジェクトの立ち上がりの遅延につながる。

また、半導体技術に影響が出るような研究開発課題が追加の研究開発課題が生じた場合に、半導体設備への再投資は不可能である。

### 3. 開発体制の構築や共用制度を構築する上での非効率性

#### 開発体制の構築における非効率性

開発体制の構築は優秀な人材の確保が最重要である。プロジェクトを効率よく実行するためには、プロジェクト期間中に優秀な人材をプロジェクトに専念させることが必要である。

プロジェクトの見通しが立たない状況では、人材をプロジェクトに貼り付けることができない。また、年度途中から人材を追加投入しようにも、実施機関内での異動、外部からの採用のタイミングを逃すと結局年度明けを待たなければならなくなる。さらに、これらの新しい人材は、すぐにはプロジェクトの全体を理解した上で能力をフルに発揮することは難しいため、助走期間やOJT等が必要となる。つまり、このためにプロジェクトメンバーのマンパワーが削がれることになり、プロジェクトの遅延や品質の悪化につながってしまう。

さらに 2007 年問題により、現時点では教育できる立場にある人材が確保できるが、時間の経過に伴い人材が離散してしまうことにより、人材のレベルが低下して、遅延や品質低下がさらに拡大してしまう。

#### 投資の先送りによる非効率性

個別の技術テーマで見ると、汎用ハイエンドプロセッサ開発は継続性が最重要であり、近年は大規模投資がないため、技術が立ち遅れかねない状況となっており、ここ 2~3 年が勝負である。さらに、低電力設計や、高信頼技術(超並列化)、超高密度実装技術等への投資が先送りされると、技術革新のスピードについてゆけず、競争から脱落してしまう危険性がある。

#### 共用制度を構築する上での非効率性

F/S を行っている段階では、研究開発インフラが実際に整備されるかどうかは確定していないため、インフラ整備を見越した共用主体を立ち上げることは不可能である。

共用主体は運用開始からの活動のみならず、共用を見据えた設計段階からの参画が不可欠である。仮にF/Sの実施後、年限を短縮してインフラ整備がなされた場合、技術・制度上の選択肢は限定されることにより、共用を考慮した施設として十分に機能しなくなるおそれがある。さらに、準備期間の短縮により、安定した共用となるまでに要する時間が延び、施設の効果が十分に発揮されるまでの時期が遅くなる。

#### 運用の遅れによる非効率性

京速計算機の運用開始が遅れることにより、グランドチャレンジとなるアプリケーションの実行によって得られる成果の産業界への波及が遅れるとともにタイムトゥソリューションの短縮効果の波及も遅れてしまう。仮に同じ投資を行ったとしても、遅延が長引くほど、京速計算機への投資効果は急激に低減してしまう。