

最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用（説明資料）

平成 19 年 6 月 21 日
文部科学省

1. 研究開発計画の概要

期間：開始・終了年度

【変更なし】

平成 18 年度～24 年度（7 年間）

目的：背景と目指す方向

【変更なし】

目的：世界最先端・最高性能の汎用京速計算機システムの開発・整備及び利用技術の開発・普及。

【変更なし】

背景と目指す方向：

- ・物質・材料、ライフサイエンス、環境・防災、原子力、航空・宇宙等の幅広い研究活動において、実効性能でペタ FLOPS 超級の計算環境のニーズが顕在化している。民間企業においても、最先端の「知的ものづくり」を実現可能とする計算環境のメリットが認識されている。
- ・地球シミュレータ以降はリーダーシップシステムの開発プロジェクトが無く、国全体のスパコン整備ペースが鈍化し、研究現場からの要求に十分に答えられていない。
- ・次世代スーパーコンピュータに開発投資を集中して、インフラシステムに係る開発投資を軽減することで、インフラシステムに対して、より高度な計算環境を提供する。
- ・次世代スーパーコンピュータをサイバー・サイエンス・インフラストラクチャ構想上に位置づけ、全国のスーパーコンピュータセンターから次世代スーパーコンピュータを利用できる環境を提供する。
- ・COE として、研究教育を通じた世界最高水準の人材育成を継続的に行う。
(資料2 - 2参照)

目標：具体的（定量的）な達成目標及びその達成時期

サイバー・サイエンス・インフラストラクチャの構築【変更なし】

グリッドミドルウェアにより、スーパーSINET（SINET3）で接続された全国のスーパーコンピュータセンターから次世代スーパーコンピュータを利用

きる環境を提供する。

アプリケーションの達成目標(例示)【変更なし】

(ア) ナノテクノロジー分野

全く不可能だった酵素反応解析が実現可能になる。

(イ) ライフサイエンス分野

水中のウイルス構造やその動作を解析、ウイルスの感染機構や免疫機構を解明できる。

次世代スーパーコンピュータの性能目標

(ア) Linpack で10ペタ FLOPS を達成する(平成23年6月のスーパーコンピュータサイト TOP500 でランキング第1位を奪取)。【変更なし】

(イ) HPC Award 4項目において最高性能を達成する。

【変更あり。詳細は資料2-10 P9-10 及び資料2-12を参照。】

世界最高水準の研究施設を幅広く共同利用する体制の整備【変更なし】

本プロジェクトの実施により期待される具体的なアウトカム 等

次世代スーパーコンピュータ開発によるアウトカム

(ア) 我が国において、継続的にスーパーコンピュータを開発していくための技術力の維持・強化。(半導体を含むハードウェア要素技術、プロセッサ設計技術、ネットワーク技術などのハードウェア技術、システムソフトウェア技術、コンパイラ技術等)

(イ) 我が国における計算機資源の充実と、次世代スーパーコンピュータで培った技術を基にした大学や研究機関等で使用される計算機への下方展開により様々な分野の研究開発成果の創出への寄与。

(ウ) 要素技術の波及効果

本プロジェクトにおいて開発されるプロセッサは、低消費電力・高性能という特性を活かし、サーバー等の情報機器に使われて行くことが期待される。また、このプロセッサ用に開発された低電力・高性能半導体技術は、ルーター等のインターネット機器等、多くの情報機器の半導体チップに活用されて行くことが期待される。さらに、半導体技術のみならず、光インターコネクション技術、高密度実装技術、高効率冷却技術、高効率安定化電源技術なども、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ている。

次世代スーパーコンピュータのアプリケーションによるアウトカム

(資料2-3参照)

(ア) ナノテクノロジー分野

従来の半導体デバイスの限界を超える微細かつ高性能なナノ電子デバイスを開発するためには、材料の選択や全体の電気的特性の制御が重要である。次世代スーパーコンピュータを用いたデバイス全体の原子・電子レベルのシミュレーションを行い、最適な材料や構造の組合せを探索することにより、従来にない高速応答、低消費電力デバイスの実現を加速することができる。

(イ) ライフサイエンス分野

より精度の高い薬剤候補物質の結合予測のシミュレーションにより薬剤候補物質を高精度に絞り込むとともに、薬剤候補物質の最適化過程にシミュレーションを適用することで、実験動物を用いた前臨床研究の段階まで、コストと時間のかかる実験の必要性を大幅に縮減することが期待できる。これにより、新薬開発の期間短縮及びコスト削減を実現して、新薬開発の国際競争力強化に資する。

(ウ) 材料分野

触媒の表面構造特性の計算や色素分子等のエネルギーの計算が、構成要素毎に適した原子・電子レベルのシミュレーションを活用することにより、短期間で可能となり、最先端の太陽電池の開発期間が短縮される。

(エ) 防災分野

地震の影響を広範囲で現実的に予測することが可能となり、地震防災への実用化が期待される。計算された地震波形を使用した建物被害のシミュレーションが可能になり、地震に強いビル等の設計に資する。

(オ) 環境分野

全球気象シミュレーションが、現状の 3.5km スケールから 400m スケールで可能になるため、気候変動に伴う台風や集中豪雨など極端現象の予測情報を提供することができるようになる。

(カ) 工学分野（航空・宇宙）

航空・宇宙機周りの流れのシミュレーションが高精度で可能となり、これまで不可能であった乱流に至る過程が解明できる。これにより、航空・宇宙機の大幅な空力性能の改善や、革新的な設計開発に資する。

研究教育拠点形成によるアウトカム

大学等と連携した研究教育拠点を形成することにより、以下のような人材を輩出することが期待される。

- ・最先端のハードウェアを継続的に研究開発し、性能の持続的な向上を可能にする人材
- ・新規のモデルやアルゴリズムの研究によって、計算科学技術の適応範囲を広げることのできる人材

- ・アプリケーションソフトウェアをハードウェアに適合させ、ハードウェアの性能を十分発揮させることのできる人材
- ・産業界において、計算科学技術を適切に利用し、革新性・信頼性のあるものづくりにつなげることのできる人材

アプリケーションソフトウェア開発のアウトカム

(アプリケーションソフトウェア開発力の向上とその成果の普及)

超高並列の数値計算アルゴリズムや最適な計算方法に関する研究開発が進む。また、我が国において科学技術計算におけるソフトウェア開発力が維持されるとともに、大学・研究機関、産業界等への先進的なアプリケーションソフトウェアの普及が期待される。

投入資金：平成 18 年度の決算及び平成 19 年度予算、
民間企業負担分も含めた総予算額の見積もり、
開発項目別予算額 等

投入資金については資料 2-4、2-5 参照。なお、平成 18 年度は決算がまとまっていなため、平成 18 年度の予算を示す。

プロジェクト資金総額(1,154 億円)のうち、今後のシステム開発に必要な予算額を約 780 億円と見積もっている。また、これに加えメーカーが開発費を投じることとなっている。

内容：実施時期、マイルストーンを含めた全体スケジュール 等

【一部変更あり】

ハードウェアの開発、グランドチャレンジアプリケーションの研究開発、グリッドミドルウェアの研究開発、立地、建屋・付帯設備の整備等の全体スケジュールについては、資料 2-6 参照。

・個別の科学技術的な課題、研究開発の方法

(ア) ハードウェア及びシステムソフトウェアの開発

a) 科学技術的な課題

以下のような課題目標を設定し、次世代スーパーコンピュータを開発する。

- ・汎用性を重視しつつ、Linpackで10ペタFLOPS級の実効性能を持つ次世代スーパーコンピュータを開発する。
- ・次世代スーパーコンピュータの設置面積や消費電力の低減及び下方展開を推進するために必須となる、低消費電力CPUなどの革新的な要素技

術を研究開発する。

b) 研究開発の方法

開発主体である理化学研究所が、次世代スーパーコンピュータの開発及び運用に係る共同研究のために産学官と密接に連携しつつ、ハードウェアメーカーと共に次世代スーパーコンピュータの開発を推進する。
(詳細は2.参照)

(イ) グランドチャレンジアプリケーションの研究開発 (資料 2-7 参照)

a) 科学技術的な課題

ペタスケールのシミュレーション技術により、ナノスケールの領域で初めて発現する特有の現象・特性を予測するとともに、個々の遺伝子・タンパク質の特質をベースとして、生命現象の統合的な分析を行うための、計算科学理論・方法論を確立するとともに、シミュレーションソフトウェアの開発を行う。

b) 研究開発の方法

ナノテクノロジー分野では分子科学研究所を中核拠点として、またライフサイエンス分野では理化学研究所(和光研究所)を中核拠点として、それぞれ大学や研究機関を含めたオールジャパンの体制で研究開発を行う。

体制：以下の各項目を網羅した全体の体制並びに**各組織及び当該組織の長の権限と責任の範囲を含めた役割分担**

- ・開発項目別の実施機関・組織(システムソフトウェアの開発体制、グランドチャレンジアプリケーションの開発体制を含む)
- ・推進委員会、評価委員会等

プロジェクト全体の体制(資料 2-8 参照)

(ア) 開発体制【変更なし】

文部科学省のイニシアティブにより、理化学研究所を中心として、産学官の密接な連携の下、一体的に推進する体制を構築している。

理化学研究所の次世代スーパーコンピュータ開発実施本部においては、プロジェクトリーダーの統括の下、グリッドミドルウェア及びグランドチャレンジアプリケーションの開発と密接な連携をとりつつ、企業、大学等と協力して次世代スーパーコンピュータの開発を実施している。

グリッドミドルウェアの開発は、国立情報学研究所を開発拠点とし、全国の大学、企業等の有力な研究者・技術者が参加するオールジャパンの産学連携体制を構築して実施する。

グランドチャレンジアプリケーションの開発は、分子科学研究所及び理化学研究所(和光研究所)を開発拠点とし、全国の大学、企業等の有力な研究者や技術者が参加するオールジャパンの産学連携体制を構築して実施する。

グリッドミドルウェア、ナノ統合シミュレーション、生命体統合シミュレーション開発の各拠点との調整及び取りまとめは、理化学研究所が行うが、加えて、「プロジェクト推進委員会」を設置し、関係機関間の調整の場とするとともに、必要な施策の実施等に関して文部科学省に対する提言等を行うこととしている。

また、産業界が設置した「スーパーコンピューティング技術産業応用協議会」と密接に連携し、本プロジェクトへの産業界のニーズの反映及び研究成果の普及・産業応用を図っている。

(イ) 運用体制【変更なし】

「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」(平成六年法律第七十八号)(以下、「共用法」)に基づき、特定高速電子計算機施設の共用の促進に関する基本的な方針(以下、「共用の基本的方針」)を告示し、運用のあり方について、産学の科学者・技術者コミュニティに対して、広く意見を募っている。これに基づき、策定される「共用の基本的方針」に沿って運用体制の詳細が検討される予定。

(ウ) 評価体制【変更なし】

第3者評価を行うため、科学技術・学術審議会の下部組織である情報科学技術委員会を活用する。理化学研究所が行った概念設計について、情報科学技術委員会の下に次世代スーパーコンピュータ概念設計評価作業部会を設置し、平成19年6月に評価結果をとりまとめた。

ハードウェア及びシステムソフトウェアの開発体制(資料 2-8 参照)

【一部変更あり】

理化学研究所においては、理事長を本部長とする「次世代スーパーコンピュータ開発実施本部」を設置し、次世代スーパーコンピュータシステムの開発を実施している。

本部長は、システム開発に関する重要事項を最終的に決定する。また、適切な人員の配置、理研内外の関係部局・機関との調整など開発実施本部の運営に関する業務を統括している。

システム開発に関する実質的な業務はプロジェクトリーダーが責任を持って統括する。プロジェクトリーダーに対し専門的事項を含めて大所高所から助言を与える機関として、アドバイザリーボードが設置されている。

プロジェクトリーダーの下に設置された開発グループの体制は次のとおり。

総括チームは、総合的なシステム開発を行うための全体のとりまとめ、調整を行う。

システム開発チームは、ハードウェア及びシステムソフトウェアの開発を行う。

アプリケーション開発チームは、アプリケーション環境の構築、アプリケーション開発の支援を行う。

グランドチャレンジアプリケーションの研究開発体制（資料 2-8 参照）
【変更なし】

(ア) 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

分子科学研究所を中核拠点とし、各テーマ毎にグループを置き、電子・原子・分子からのアプローチに基づくナノスケールでの物質の振舞いをシミュレートするソフトウェア開発についての検討を行う。

また、運営委員会等を設置し、運営等についての審議、検討を行う。

(イ) 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

理化学研究所（和光研究所）を中核拠点とし、各テーマ毎にグループを置き、仮説 - 検証型のアプローチに基づく生命プログラムの理解・再現・予測の実現、及び創薬・新規医療技術の実用化を目指したソフトウェア開発についての検討を行う。

また、運営委員会等を設置し、運営等についての審議、検討を行う。

進捗状況：当初計画に対する以下の研究開発項目の進捗状況

・ハードウェア及びシステムソフトウェア

平成 19 年 4 月にシステム構成案を作成し、同年 6 月に次世代スーパーコンピュータ概念設計評価作業部会における概念設計の評価結果がまとまった。現在、システムの詳細設計の準備を行っている。今後、計画通り平成 20 年度末までに詳細設計を終え、平成 22 年度末までに運用を開始できる見込みである。（詳細は、2 . 参照）

・立地、建屋・付帯設備等

立地地点については、理化学研究所が、全国の研究者等の共用施設として、また、研究開発や人材育成等の拠点として最も適当な地点を客観的・科学的に選定するとの方針の下、外部有識者から成る「立地検討部会（部会長：黒川 清内閣特別顧問）」を設置し、15 の候補地についての評価作業を行った。その結果を踏まえ、平成 19 年 3 月 28 日、神戸（ポートアイランド 期地区内）を立地地点として決定した。（資料 2-9 参照）

建屋については、公募型プロポーザル方式により設計業者が選定され（平成 19 年 3 月） 計算機システムとの技術的な整合を十分に確保しながら設計を実施しており、本年度中に着工する予定である。

・グランドチャレンジアプリケーションの研究開発

(ア) 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

次世代ナノ情報機能・材料、次世代ナノ生体物質、次世代エネルギーの各テーマの下で、理論・方法論の研究や要素技術の開発をもとにしたシミュレーションソフトウェアの開発を開始した。計画通りに進捗しており、平成20年度末までにソフトウェアの設計・製作を、平成22年度末までに評価を完了する見込みである。(詳細は、資料2-7参照)

(イ) 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

分子・細胞・臓器全身・データ解析融合の各テーマの下で、研究開発に向けた課題抽出等を実施した。計画通りに進捗しており、平成22年度末までにシミュレーションソフトウェアの設計・製作を、平成24年度末までに評価を完了する見込みである。(詳細は、資料2-7参照)

2. 概念設計に係る文部科学省による評価の経過及び評価結果

(1) 評価の経過

評価の実施体制

理化学研究所が作成したシステム構成案の妥当性を評価し、評価結果を今後の次世代スーパーコンピュータの開発に反映していくため、科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会 情報科学技術委員会の下に、「次世代スーパーコンピュータ概念設計評価作業部会」(以下、「作業部会」という。)を設置し、評価を行った。(資料 2-10 P3 参照)

評価の実施経過

作業部会は、8回の会議を開催し、理化学研究所が作成したシステム構成案を評価するための「評価項目及び評価の視点又は基準」について検討を行い、その上で理化学研究所から説明を聴取し、評価を行った。(資料 2-10 P4-5 参照)

評価の観点、評価項目(当該項目の設定理由を含む)及び評価基準

作業部会では、理化学研究所が作成したシステム構成案の評価を行うに当たり、評価項目と評価にあたっての視点又は基準を設定した。

具体的には、評価項目として2つの大項目を設けた。1つはシステム開発の方針の適切性、すなわち、理化学研究所の開発方針が文部科学省のプロジェクトの目的・目標に照らして妥当かどうかを問うものである。もう1つはシステム構成案そのものの妥当性に関するものであり、これについてはさらに、(1)システム構成案の詳細及び性能、(2)システムの機能、(3)システムの運用の3つの小項目を設けた。

また、これらの評価項目に沿って評価を行う際の視点又は基準を定めた。
(資料 2-10 P6-7 参照)

(2) 文科省による評価の結果

作業部会の評価結果は以下の通りである。

『本作業部会においては、これまで8回にわたる会議を開催し、次世代スーパーコンピュータのシステム構成案について、「評価項目及び評価の視点又は基準」を整理した上で、開発主体である理化学研究所からの説明を聴取し、評価を実施してきた。

理化学研究所のシステム開発方針及び最適化の考え方は、文部科学省のプロジェクトの目的・目標に照らして妥当である。また、そのシステム開発方針及び最適化の考え方に基づき、理化学研究所が作成したシステム構成案は、我が国の最先端・高性能汎用スーパーコンピュータのシステムを構築する上で、適切なものであり引き続き研究開発を進めるべきであると評価する。

具体的には、システム構成案について、性能目標の達成、消費電力及び設置面積当たりの演算性能、システム構成案を実現するための要素技術の開発可能性、革新性、発展性、拡張性、展開性及び技術力の強化への寄与、大学や研究機関等への下方展開、アプリケーション性能、システムソフトウェア、計算機資源の適切な配分等によるシステム運用、故障等への対応等について、網羅的かつ詳細に検討・評価を行った。各々の評価結果についてはこれまで述べてきたとおりであり、理化学研究所のシステム構成案はこれらの評価項目及び評価の視点又は基準に照らして適切であると評価する。

一方、これまでの評価を通じて、いくつかの課題も見えてきた。本プロジェクトの大きな目標の一つに、「世界最先端・最高性能」を獲得することが挙げられている。現時点で計画されている他のプロジェクトや技術開発動向等を勘案して設定されたLinpack10ペタFLOPSの達成を目指した研究開発は妥当であると考えるが、世界的な開発競争の中で不確定要素を含むものであることから、これに柔軟に対応できる取組みが必要であると考えられる。

これまで述べてきたとおり、本システム構成案は複合システムであるという大きな特徴を有し、世界的主流となっているスカラプロセッサに演算加速機構を付加したプロセッサと、我が国が強みをもつベクトルプロセッサの改良型となる新しい汎用プロセッサを同時に開発するものである。

この複合システムは、

- ・ 多様なアプリケーションの効率的な実行
- ・ 高い拡張性、下方展開性
- ・ 技術オプションの確保による技術力の強化、国際競争力の向上

等の観点から非常に有効であるが、同時に本システムを一体的に運用するためのトータルシステムソフトウェアの開発について、より一層の検討、取組みが必要である。特に、世界最先端のシステムを効率的に運用し最大限に活用するためには、システム全体の効率的な資源配分、高いユーザビリティの確保等が不可欠である。このようなトータルシステムソフトウェアの開発は非常にチャレンジングであるが、本プロジェクトにおける同ソフトウェアの開発は本システムの成否を左右するものであり、また、当該分野における技術開発が促進され我が国の技術力を向上させる効果が期待できることから、詳細設計段階での十分な検討を期待したい。同様に、各演算部のシステムソフトウェアについても、検討体制の構築

を含め、詳細設計段階での十分な検討を期待したい。

今後、詳細設計の段階においては、工程管理が一層重要となる。本プロジェクトは研究開発要素が多く、特に 45nm 半導体プロセス技術の実用化時期やそれを踏まえた CPU の製造など、プロジェクト全体のスケジュールの遅延につながる要素を含んでいる。理化学研究所においては、工程管理を徹底するとともに、このような事態への対応の検討も必要であると考える。

本プロジェクトは、国家基幹技術として我が国の威信をかけた国家プロジェクトである。開発主体である理化学研究所においては、本報告書の趣旨を踏まえ、今後のプロジェクトの円滑な推進に万全を期していただきたい。』

(資料 2-10 P 24-25 から引用。)

(3) 理化学研究所による概念設計案の内容等

アーキテクチャ案

・システムアーキテクチャ候補の絞込結果

汎用機 2 案、アクセラレータ 1 案の概念設計作業の結果を評価した上で、様々なシステム構成について検討を行った結果、スカラ演算部及びベクトル演算部を有する複合汎用システムとすることとした。本システム構成案は Linpack 性能 10 ペタ FLOPS のみならず、アプリケーションの実行においても世界最高性能を達成するものである。(資料 2-15 参照)

・ターゲットアプリケーションによるアーキテクチャ案の性能評価結果

理化学研究所では次世代スーパーコンピュータ開発戦略委員会の下に設置したアプリケーション検討部会において、平成 18 年 1 月から平成 19 年 3 月まで計 7 回の会議を開催し、2010 年(平成 22 年)頃に重要となるアプリケーションソフトウェアの検討を実施した。具体的には、ナノ、バイオ、物理・天文、地球科学、工学の 5 分野 100 本以上のアプリケーションから、ターゲットアプリケーション 21 本を選定した。その中の主要なアプリケーション 7 本(SimFold、GAMESS、Modylas、RSDFT、NICAM、LatticeQCD、LANS)に対して詳細な性能評価を実施し、その結果、システム構成案はペタ FLOPS 級の実効性能が見込まれる。

(資料 2-13 及び資料 2-15 参照)

・設置面積(建屋建設コスト) 開発コスト、製造コスト、運用コスト(電力、保守費用等)の見積もり

本システム構成案の演算性能あたりの消費電力及び設置面積は、大学や研究機関向けの計算機に下方展開した場合を想定して設定した。(資料 2-11 参照)

開発コスト及び製造コストは、前述の 1. を参照。

立地評価の際に見積もった平均の年間運用コストは、78.4 億円。(資料 2-9 「次世代スーパーコンピュータ施設立地評価報告書」P22 参照)

・他の研究開発プロジェクトの成果利用の可能性

文部科学省の「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」(平成 17 年～平成 19 年)では、a) システムインターコネクト技術、b) CPU・メモリ間光配線技術、c) 低電力高速デバイス・回路技術・論理方式等を研究開発している。(資料 2-14 参照)

a) の成果のうち、光電気変換部集積化技術、コレクティブ通信をサポートする高機能スイッチ、動的最適化を用いた MPI 高速化技術、ペタフロップス級システムの性能予測技術を適用する予定である。

b) の成果のうち、CPU - メモリ間接続を想定して開発している 20Gbps 超の光インターコネクト技術をノード間ネットワークの信号伝送へ適用し、超高速、超高密度、かつ低消費電力のノード間ネットワーク・スイッチに採用する予定である。

c) の成果に関しては、キャッシュ/オンチップメモリへの適用を検討している。また、しきい電圧制御技術のLSIへの適用を検討している。

経済産業省の「半導体MIRAIプロジェクト」における低誘電率膜などの材料技術は、現在試作段階であり、実用技術としての見極めをしている。

システムソフトウェアの仕様と開発計画等

理化学研究所では、次世代スーパーコンピュータの効率的運用のために、計算資源の管理、ソフトウェア構成の管理、障害管理、ジョブ状況表示及びソフトウェア開発等を、両演算部について統合的に実施可能とするトータルシステムソフトウェアを開発する予定である。トータルシステムソフトウェアの機能の詳細については、理化学研究所が、システム構成決定後の詳細設計において詳しく検討する。

演算部では POSIX 規格に準ずる UNIX 系 OS、Fortran95、C99、JIS 規格 C++ に準拠するコンパイラ及び広く利用されている標準的な科学技術計算用ライブラリ等を利用できるようにする。また、並列化については、OpenMP、HPF 等をサポートし、コンパイラの自動並列化をはじめとした高速化技術を適用するとともに、以下のようなライブラリの最適化を実施する。

(ア) 並列度の大規模化への対応及びネットワークポロジに適した通信機能を実現するとともに、計算ノード間の通信性能を最適化する MPI ライブラ

リ

(イ) マルチコアの効率利用及び分散メモリ型に適応した科学技術計算用ライブラリ

これらのシステムソフトウェアにより、本システムの性能を十分引き出すことを可能とする。また、既存プログラムの移植や次世代スーパーコンピュータ向けプログラムの小規模な計算機向けの転用が容易であることから、幅広く利用することが可能である。

これらのソフトウェア開発の進捗は概ね当初計画通りであるが、システム構成決定後の詳細設計ではさらに詳しく検討するとともに、開発スケジュールの詳細化を図り、着実に実行する。なお、システムソフトウェアのチューニングはハードウェアの機能強化に合わせて実施する。(資料 2-16 参照)

その他、事前評価報告書においてフォローアップを行うこととした項目
(ハードウェア要件、LSI の論理構成概略仕様等)

資料 2-16 参照。

理研におけるメーカー案についての評価の経緯(評価のプロセス、評価項目、評価基準等)

資料 2-15 参照。

(4) 評価結果に至る根拠
プロジェクトの目標に照らした概念設計案の妥当性

本システム構成案は、電力・設置面積等の制約条件、費用対効果、革新性、発展性、展開性等を重視しつつ、Linpack で 10 ペタ FLOPS を達成可能である。また、HPCC Award 4 項目において最高性能を達成することについては、ほぼ妥当であると考えらる。

また、ライフサイエンス、ナノテクノロジー、地球科学、計算物理及び工学分野における 7 種類の主なターゲット・アプリケーションについての実効性能の推定結果がいずれもペタ FLOPS 級の性能を示していることから、アプリケーションの実効性能は十分であると評価する。さらに、これらのターゲット・アプリケーションには多くの異なるアルゴリズムが含まれることから、広範な分野におけるアプリケーションについても高い性能を出すことが期待できる。

(資料 2-10 参照)

最新の海外主要計画との比較における優位性

本プロジェクトにおける「Linpack 性能 10 ペタ FLOPS を達成する」という性能目標は、他国（米国）において現時点で公表されている開発戦略を上回る値に設定されている。本システム構成案は、この性能目標を達成可能であると考えられ、海外主要計画との比較において優位にある。（資料 2-17 参照）

技術の必然性（目標とするスペックが、グランドチャレンジアプリケーション等において期待する成果を達成するために必要とされる理由）

アプリケーション研究開発の進展により、様々な分野でペタフロップス級のシミュレーションを実行することが可能な計算機システムが求められている。具体的には、次のようなものが挙げられる。

- ・ ナノ電子デバイスの開発のための原子・電子レベルのシミュレーション
- ・ 薬剤開発の時間やコストを大幅に削減するタンパク質等の分子シミュレーション
- ・ 雲の影響を考慮した気候変動予測や集中豪雨等の局地現象予測を可能とする全球シミュレーション
- ・ 建物の被害予測や設計、防災計画作成に使用可能な地震動予測シミュレーション
- ・ 航空・宇宙機の大幅な空力性能改善が期待できる乱流遷移現象のシミュレーション

民間企業負担も含めた総予算額の必要性、および国費と民間負担の配分割合についての文科省の考え方（参考として地球シミュレータの開発における国と民間の経費負担の実績についても説明を求める）

必要経費については、資料 2-4 に示すとおり。

次世代スーパーコンピュータの開発に必要な技術開発については、国家基幹技術として国費によることが基本であるが、それによって蓄積した技術を製品等に利用し、受益することが見込まれる民間企業が応分の負担をすることも不可欠である。このため、設計費用については、国費負担分と民間企業負担分に分けられる。

一方、製作費用については、完成したシステムが国（理化学研究所）の財産となり、法律に基づき全国の研究者等の利用に供されることから、国費で賄うこととしている。

なお、地球シミュレータは総額約 600 億円の開発費を国費により負担し整備した。

当初計画に対する進捗状況および目標達成時期への影響（影響の解消方策を含む）について

理化学研究所は、当初、システムの概念設計を平成18年度に、詳細設計を平成19年度及び20年度に実施する予定であった。しかしながら、ユーザの要求要件やシステムへの性能要求条件の洗い出しなど十分なフロントローディングを考慮した概念設計作業の結果に基づき、より慎重にシステム構成案を検討するため、概念設計作業結果の十分な解析・検討、及び国内有識者の意見の集約等を行い、平成19年4月にシステム構成案を決定した。その後、同年6月に次世代スーパーコンピュータ概念設計評価作業部会における概念設計の評価結果がまとまった。

このため、現時点で、システムの詳細設計の着手がやや遅れているが、概念設計段階で、詳細設計で予定していた一部の作業を既に行ったことから、今後の詳細設計を計画通り平成20年度末までに実施できる見込みである。したがって、全体計画や目標達成時期を変更することなく、概ね当初の計画通りプロジェクトを推進することが可能である。

本プロジェクトで開発する技術の継続性および波及性（民間企業の投資効果に対する考え方）

本プロジェクトで開発される次のような技術は、すべて今後のスーパーコンピュータ、サーバーなどのコンピュータの開発には必要不可欠なものであり、これらの製品へ波及していくとともに、次世代スーパーコンピュータの開発後もさらなる高度化に向けて継続的に開発されていくことが見込まれる。

（ア）低消費電力化、高性能化技術

- ・低消費電力 LSI、高性能・高集積 LSI 技術、半導体プロセス技術 等

（イ）超高速、大規模ネットワーク技術

- ・多ノードシステム向けスケラブルネットワーク技術、光インターコネク
ト 等

（ウ）超大規模システムの運用技術

- ・超大規模システムにおける安定稼働、統一的運用管理、超高速実行

さらに、光インターコネク等要素技術については、ネットワークを利用する製品全般（ネットワーク機器、デジタル家電、自動車等）への技術の波及も見込まれる。低消費電力化、高性能化技術については、特に汎用性が高く、半導体を利用する情報機器全般（コンピュータ、ネットワーク機器、デジタル家電、携帯、モバイル製品等）への幅広い技術の波及が期待できる。

また、企業は、本プロジェクトへの参加により、以下のような投資効果を期待している。

（ア）技術ブレークスルーの達成とその波及効果

- ・ 大規模、最先端プロジェクトでしか成し得ない新たな技術ブレークスルーを
生み出すための機会の獲得
- ・ 創出される新技術の波及効果による企業の技術力の牽引
- (イ) ものづくり力の強化
- (ウ) 企業内人材の育成・確保
 - ・ 高い技術を持つ人材の維持・育成と優秀な新規人材の確保
- (エ) 企業ブランド力向上
 - ・ 先端技術力ともものづくり力を持つ企業イメージのアピール
 - ・ グローバル市場におけるプレゼンス