

総合科学技術会議が実施する
国家的に重要な研究開発の評価

「最先端・高性能汎用スーパーコン
ピュータの開発利用」について

平成17年11月28日

総合科学技術会議

目次

はじめに	.....
審議経過	.....
評価専門調査会名簿	.....
評価検討会名簿	.....
1. 評価の実施方法	.....	1
(1) 評価対象	.....	1
(2) 評価目的	.....	1
(3) 評価者の選任	.....	1
(4) 評価時期	.....	1
(5) 評価方法	.....	2
過程	.....	2
項目	.....	2
その他	.....	3
2. 評価結論	.....	3
(1) 総合評価	.....	3
(2) 指摘事項	.....	6
ターゲットを明確にした開発の推進について	.....	6
京速計算機システムの構成の最適化について	.....	7
開発投資の効率化について	.....	8
マネジメント体制の構築について	.....	9
その他	.....	10
補足資料		
補足1 文部科学省への質問事項	.....	11
補足2 本研究開発における評価の論点(案)	.....	15
補足3 評価コメント	.....	17
参考資料		
参考1 第1回評価検討会文部科学省提出資料		
参考2 第2回評価検討会文部科学省提出資料		
参考3 後日文部科学省提出資料		

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化を図り、優れた成果の獲得や研究者の養成を推進し、社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動である。中でも、大規模な研究開発その他の国家的に重要な研究開発については、国の科学技術政策を総合的かつ計画的に推進する観点から、総合科学技術会議が自ら評価を行うこととされている（内閣府設置法 第26条）。

このため、総合科学技術会議では、新たに実施が予定される国費総額が約300億円以上の研究開発について、あらかじめ評価専門調査会が、必要に応じて専門家・有識者を活用し、府省における評価結果も参考として調査・検討を行い、その結果を受けて評価を行い、その結果を公開するとともに、評価結果を推進体制の改善や予算配分に反映させることとしている。

「最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用」は、平成18年度予算概算要求において文部科学省が新たに実施することとした研究開発であり、平成18年度予算概算要求額41億円、7年間で国費総額1154億円の大規模新規研究開発である。総合科学技術会議では、評価専門調査会において当該分野の専門家や有識者を交え調査・検討を行い、その結果を踏まえて評価を行った。

本報告書は、この評価結果をとりまとめたものである。総合科学技術会議は、本評価結果を関係大臣に意見具申し、推進体制の改善や予算配分への反映を求めるとともに、評価専門調査会においてその実施状況をフォローすることとする。

審議経過

- 9月16日 評価専門調査会
評価対象、担当議員・委員、進め方を確認
- 9月20日 第1回評価検討会
ヒアリング、追加質問と論点候補の抽出
追加質問を回収し文部科学省へ対応を要請
- 10月11日 第2回評価検討会
追加ヒアリング、論点整理
評価コメントを回収し評価原案を作成
- 11月 4日 評価専門調査会
評価案の検討
- 11月28日 総合科学技術会議
評価案に基づく審議・結論

評価専門調査会 名簿

会長	柘植 綾夫	総合科学技術会議議員
	阿部 博之	同
	薬師寺泰蔵	同
	岸本 忠三	同
	黒田 玲子	同
	松本 和子	同
	吉野 浩行	同
	黒川 清	同
(専門委員)		
	伊澤 達夫	N T Tエレクトロニクス株式会社 取締役相談役
	大石 道夫	財団法人かずさDNA研究所長
	大見 忠弘	東北大学未来科学技術共同研究センター 客員教授
	垣添 忠生	国立がんセンター総長
	笠見 昭信	株式会社東芝常任顧問
	川合 眞紀	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
	北里 一郎	明治製菓株式会社取締役会長
	小舘香椎子	日本女子大学理学部教授
	小林 麻理	早稲田大学政治経済学術院教授
	土居 範久	中央大学理工学部教授
	中西 準子	独立行政法人産業技術総合研究所化学物質 リスク管理研究センター長
	中西 友子	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	西尾 道德	元筑波大学農林工学系教授
	原山 優子	東北大学大学院工学研究科教授
	平澤 冷	東京大学名誉教授
	平野 眞一	名古屋大学総長
	畚野 信義	株式会社国際電気通信基礎技術研究所社長
	虫明 功臣	福島大学理工学群教授

評価検討会 名簿

	柘植	綾夫	総合科学技術会議議員
	伊澤	達夫	評価専門調査会専門委員
	笠見	昭信	評価専門調査会専門委員
	小林	麻理	評価専門調査会専門委員
座長	土居	範久	評価専門調査会専門委員
	虫明	功臣	評価専門調査会専門委員
	浅田	邦博	東京大学大規模集積システム設計教育研究センター長・教授
	天野	吉和	トヨタ自動車株式会社常務役員
	岩崎	洋一	筑波大学長
	小柳	義夫	東京大学大学院情報理工学系研究科教授
	北浦	和夫	産業技術総合研究所計算科学研究部門 総括研究員

1. 評価の実施方法

(1) 評価対象

『最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用』
【文部科学省】

平成18年度予算概算要求額：41億円

全体計画：7年間・国費総額1154億円

民間資金持出額：約100億円（ただし、平成19年度までの予定額）

(2) 評価目的

国の科学技術政策を総合的かつ計画的に推進する観点から、新たに開始が予定されている最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用の評価を行う。

評価においては、当該研究開発の必要性、効率性、有効性という視点のみならず、スーパーコンピューティング分野全体の中における評価対象案件の意義、当該研究分野における他の研究開発との関係等も視野に入れ、高い次元から検討する。

(3) 評価者の選任

評価専門調査会において、有識者議員、専門委員数名が中心になり、さらに外部より当該分野の専門家、有識者の参加を得て、評価検討会を設置した。

当該分野の専門家、有識者の選任においては、評価専門調査会会長がその任に当たった。

(4) 評価時期

予算概算要求された大規模新規研究開発を対象とする評価であり、その結果を推進体制の改善や予算配分に反映させる必要があるため、予算概算要求提出後、9月より調査・検討を開始し、年内に評価結論を得ることとした。

(5) 評価方法
過程

第 1 回評価検討会において、当該研究開発の担当課長ほかから研究開発概要のヒアリング[参考 1]を行い、 の調査・検討項目を念頭に問題点や論点候補について議論した。これを踏まえ、評価検討会委員から追加質問を回収し、文部科学省へ対応を要請[補足 1]した。

第 2 回評価検討会において、質問事項についての追加ヒアリング[参考 2]を行い、本研究開発における評価の論点(案)[補足 2]を参考にして、問題点や論点に対する考え方を議論した。

評価検討会委員から、第 1 回、第 2 回評価検討会での調査・検討内容を踏まえた評価コメントを回収[補足 3]した。また、文部科学省から後日提出された資料[参考 3]を評価検討会委員に配布した。

回収した評価コメントと評価検討会における調査・検討内容に基づき評価原案を作成した。

評価専門調査会において、評価原案を基に評価案を検討し、総合科学技術会議本会議において、審議を行い結論を得た。

項目

評価検討会では下記項目について調査・検討した。

- A . 科学技術上の意義
当該研究開発の科学技術上の目的・意義・効果。
- B . 社会・経済上の意義
当該研究開発の社会・経済上の目的・意義・効果。
- C . 国際関係上の意義
国際社会における貢献・役割分担、外交政策との整合性、及び国益上の意義・効果。
- D . 計画の妥当性
目標・期間・資金・体制・人材や安全・環境・文化・倫理面等からの妥当性。
- E . 成果（見込み） 運営、達成度等

投入資源に対する成果（見込み）、運営の効率性、及び目標の達成度等。評価結果の反映状況の確認等。（ただし、Eについては、新規研究開発であることから、その内容を考慮。）

その他

評価検討会は非公開としたが、資料は原則として検討会終了後に公表し、議事概要は発言者による校正後に発言者名を伏して公表した。

2. 評価結論

(1) 総合評価

「最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用」は、スーパーコンピューティング分野において今後とも我が国が世界をリードし、科学技術や産業の発展を牽引し続けるために、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等の開発・普及、世界最先端・最高性能の汎用京速（京速 = 10ペタ FLOPS^{注1)}）計算機システムの開発・整備、及び、これ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の形成を行い、研究水準向上と世界をリードする創造的人材の育成を総合的に推進するものである。

スーパーコンピュータを用いた研究手法は、多くの分野で実験、理論と並ぶ重要な方法であり、その利用は今後の科学技術の発展に不可欠である。また、近年、製品サイクルが短縮している中で、スーパーコンピュータの利用は、産業界における製品設計・開発にも大きく寄与するものであり、我が国の国際競争力の向上のためにきわめて重要である。

注1) ペタ： 10^{15} （1000兆）

FLOPS：floating-point operations per second
（浮動小数点演算の命令実行速度の単位）

我が国においては、これまでに数値風洞（平成5年：理論性能280ギガ^{注2)}FLOPS）、CP-PACS（平成8年：理論性能614ギガFLOPS）、地球シミュレータ（平成14年：理論性能41テラ^{注3)}FLOPS）などのスーパーコンピュータを開発・整備してきた。これらのスーパーコンピュータは、開発時点における最高水準の性能を有する計算機として開発され、航空宇宙分野（数値風洞）、素粒子物理学分野や宇宙物理学分野（CP-PACS）、海洋地球科学分野（地球シミュレータ）など、それぞれがターゲットとする分野を中心に、科学技術と産業の進展に大いに寄与してきた。

一方、科学技術分野において必要とされる数値計算の規模および対象分野は、研究開発の進展とともに絶えず拡大を続けており、現在、流体力学、基礎物理、海洋地球科学など従来のスーパーコンピュータがターゲットとしてきた分野だけでなく、ライフサイエンス、ナノテクノロジーなど、各種の応用分野からスーパーコンピュータの利用分野の拡大と高速化が求められている。例えば、ライフサイエンス分野においては、個人に適した安全な医薬品の適用を検討する上で重要な副作用・安全性の評価や、病因タンパク質の構造解明、新たな未知の疾病等に迅速に対応する新薬の開発を短時日で行うため、膨大な化合物データベースから効率的に薬剤候補を絞り込んでシミュレーションを行う必要があるが、10ペタFLOPS級の計算能力なくしては、実用に耐えうる規模の解析をすることができないため、実際の治療で適時に検討されるべき薬剤の選択や新薬の開発が遅れることが懸念される。また、自動車設計などのものづくり分野における高度なシミュレーションによる試作レス化や津波予測などの防災分野における予測の精緻化等、広範な分野においてブレークスルーを図る上で必要とされる数値計算についても、現時点において我が国最高の性能

注2) ギガ： 10^9 （10億）

注3) テラ： 10^{12} （1兆）

を有する地球シミュレータをもってしても能力不足であり、これらの要求に応えるためには10ペタ FLOPS 級の性能を有し、広範な利用ニーズに対応可能な計算機が必須となっている。

本プロジェクトは、この広範な利用ニーズと計算資源量需要に応えるべく、汎用かつ高性能なフラッグシップ機と位置付けて開発に取り組むものであり、計画の達成により、画期的な新薬の開発や高機能ナノ材料の開発など、活力があり健康で安全な国を実現していくための基盤を築くことができるものと期待される。

また、科学技術分野における数値計算の需要及び規模の増大に対応するため、本プロジェクトにおいて開発を目指すスーパーコンピュータは、トップエンドの汎用・大規模計算機として位置付けて、地球シミュレータ等既存のスーパーコンピュータでは対応が困難な大規模・高速計算を受け持つこととしている。他方、既存のスーパーコンピュータは、本プロジェクトで開発する計算機システムの完成後も、例えば地球シミュレータについては、これまでに蓄積してきたアプリケーションソフトウェアを活用して効果的・効率的に海洋地球科学分野を主とした計算を担当するなど、それぞれが得意とする各分野を中心として、目的や性能に応じた計算に対応するとの役割分担の下に、今後も増大が予想される我が国の計算機需要に応えることとしている。

さらに、これまでに取り組まれてきた地球シミュレータ等の開発に伴う技術革新が、我が国におけるスーパーコンピューティング環境の充実に貢献してきたように、本プロジェクトにおいて開発される京速コンピュータについても、その開発成果は、スーパーコンピューティング環境の更なる充実と、その波及効果として全国の大学や研究機関等における様々な分野の研究開発成果の創出に大いに寄与するものと期待される。

以上のことから、本プロジェクトは実施することが適当

である。なお、投資規模に見合った成果を着実に上げ、国民に還元していくために、以下の指摘事項に適切に対応していくことが必要である。

(2) 指摘事項

ターゲットを明確にした開発の推進について

10ペタ FLOPS の計算性能を目標とした汎用の計算機を開発することは、スーパーコンピュータの広範な研究分野での利用や産業応用の拡大に向け重要であるが、単に汎用性に着目した計算機の開発を狙うのではなく、本プロジェクトにおいては当該計算機を使用して具体的に成果を出すことを目指すアプリケーションを設定し、開発を進めるべきである。

過去、数値風洞、CP-PACS、地球シミュレータでは、それぞれターゲットとするアプリケーションを特化して開発を行ったことにより、特化した分野だけでなくその他の多くのアプリケーションにおいても高い性能を得ることができた。しかしながら、本プロジェクトで提案されているグランドチャレンジとして示されたアプリケーションは、絞込みが必ずしも十分でなく、そこで期待される成果目標や、実現のために計算機システムに要求される機能、性能等、明瞭でない部分がある。したがって、速やかに、具体的なターゲットとなるアプリケーションの設定を行うとともに、そのアプリケーションの開発責任者と基本ソフトウェア及び計算機システムの開発責任者が密接に連携し、定量的かつ挑戦的な目標を定め、開発を進めることが必要である。

計算機システムのハードウェアについては、産業への波及効果を明確に意図し、積極的な新技術開発への取組を行うことが必要である。本プロジェクトの提案では、先行する計算機関連の研究開発プロジェクトの成果を利用することを前提としているが、ターゲットとして定めたアプリケーションを実現するために必要な技術群を整理し、その中

で、先行する研究開発プロジェクトの成果でカバーできない技術については、従来技術での対応だけでなく、積極的に新規の開発に取り組むことが必要である。

京速計算機システムの構成の最適化について

提案された計算機システムの構成は現段階ではイメージであるとされており、「大規模処理計算機部」、「逐次処理計算機部」及び「特定処理計算加速部」の構成をとる必要性は、まだ明確になっていない状況である。

例えば、「大規模処理計算機部」を構成するベクトル計算機は、計算性能を上げるために高いメモリバンド幅を要すると考えられるが、その性能が経費的、設備規模的に見合わない可能性があること、スーパーコンピュータサイトTOP500^{注4)}からは、ベクトル計算機の占める割合は、近年、台数減、計算能力のシェア減の傾向にあることが伺えること、さらに、本計算機の目標性能も0.5ペタ FLOPSと低いことから、国家プロジェクトとしてベクトル計算機の開発に本格的に着手する必要性が必ずしも明確となっていない。同様に、「逐次処理計算機部」についても、目標性能は1.0ペタ FLOPSと低いため、国家プロジェクトとして開発に着手する必要性が必ずしも明確ではないという点が挙げられる。また、提案システムの中で「特定処理計算加速部」が計算性能の大部分を担う構成となっているが、この部分は、特定のアプリケーションに対応した処理を高速化することに主眼を置いたものであって、多くのアプリケーションには不向きなものになる可能性がないかという点についても、今後、明確にしていく必要がある。さらに、仮に本プロジェクトの提案のとおり、「大規模処理計算機部」、「逐次処理計算機部」、「特定処理計算加速部」の3部構成をとることとした場合、それらを密に結合する必然性

注4) TOP500：スーパーコンピュータの最速ランキングで、上位500のシステムを選んでいる。1年に2回更新される。同ランキングでは、Linpackというテストで演算装置の性能を計測する。

が必ずしも明確でなく、したがって密な結合を担うこととしている「異機種間接続超高速インターコネクション部」を開発する必要性も明確ではない。

このため、ハードウェア、ソフトウェアの個々の具体的な設計を開始する前に、計算機システムの構成そのものを基本に戻って練り直し、最適化を行っておく必要がある。その際、ターゲットとするアプリケーションとシステム構成との関係を明確にしておくことが重要である。

ソフトウェア開発の面では、アプリケーションソフトウェアが計算機の構成に依存して開発される傾向があるという点から、計算機完成時におけるソフトウェアの世界的な動向に注意を払い、例えば、一般的な計算機との互換性を高める等、多大な開発資源の無駄を生じさせないように考慮することも必要である。

運営コストの面では、年間約 80 億円の費用を運営主体への運営費交付金や利用課金制度の導入等によりまかなうという計画であるが、経費見積もりを厳格に行うとともに、コスト意識を高め、消費電力や保守費用等の削減を重視したシステム構成を検討することが必要である。

開発投資の効率化について

約 1000 億円という莫大な予算を投入して行うプロジェクトであることから、効率的な投資を行い、投資額に見合った大きな成果を上げることが必要である。現段階の提案では、ターゲットとなるアプリケーションや取組むべき技術開発等の開発ターゲットが必ずしも明確でなく、京速計算機システムの構成も未確定であるため、フロントローディングを充実しつつ効率的に事業を遂行すべきである。この種の研究開発において当初よりすべてを明確にしておくことは困難であるとしても、速やかに概念設計に取組んで結論を得る必要がある。

また、ソフトウェアの開発に関しては、グリッドミドルウェアの開発に対し重点的に予算配分を計画しているが、

ターゲットとするアプリケーションの実現が重要であり、そのソフトウェアの開発に膨大なマンパワーと時間を要すると考えられるため、新規に開発するスーパーコンピュータの基本ソフトウェア及びアプリケーションソフトウェアの開発にも重点を置くよう配分の見直しを検討すべきである。

マネジメント体制の構築について

このような大規模な研究開発を効果的・効率的に推進し、より良い成果を生み出すためには、実効あるマネジメント体制を構築することが重要である。本プロジェクトにおいて解決すべき課題について責任を持って取り組むためには、現在想定しているマネジメント体制は、戦略的に十分精緻化されているとは言い難い。特に、概念設計に着手していない状況で開始する本プロジェクトにおいては、確固たるマネジメント体制の構築なくしては、プロジェクトの完遂は不可能と考えるべきである。このため、整備主体と運用主体について、総括グループのプロジェクトリーダー、ソフトウェア開発グループリーダー、ハードウェア開発グループリーダー等の選定方法、選定基準を明確化するとともに、それに基づく開発時及び運用開始後における権限と責任を明確化した上で、推進責任体制を速やかに構築することが不可欠である。同時に、推進責任体制とは独立して、適時適切に評価を実施し是正を勧告する機能を持たせた評価責任体制を固めるべきである。なお、評価責任体制は、公平・中立かつ透明性が確保されるとともに、国際的な視点に立った評価を可能とするものである必要がある。

また、開発体制の中で、国際的なレベルのメンバーで構成される、メーカー、計算機工学者（ハードウェア及びソフトウェア）、アプリケーション専門家の三者の綿密な共同作業体制を構築することも必要である。

その他

数値風洞、C P - P A C S、地球シミュレータは、それぞれ単発のプロジェクトとして構想・開発されたものであり、戦略性は必ずしも十分でなかったと考えられる。効果的・効率的なプロジェクトの立案、推進を行っていくためには、スーパーコンピューティング分野全体の確固たる長期的戦略を描き、その下で、信頼性のある精緻なロードマップを作成しておくことが必要である。

その中で、我が国における計算資源の展開に関する全体構想という点については、計算科学技術におけるテーマの規模やサイズはさまざまであり、すべてが京速計算機を必要とするわけではないことから、大規模、中規模計算機を重層的に各地に展開すべきと考えられる。その際、投入資源が限られる中で、工学分野、物理分野、生物科学分野等の各分野の次世代計算科学のニーズのうち、どれを本プロジェクトのような大規模な計算機で受け持ち、どれを他の中規模な計算機で受け持つかというような中長期的な計画を明確に策定することが必要である。

なお、マネジメント体制の構築、開発ターゲット、京速計算機システムの構成等については、文部科学省として正式に決定する時期（平成18年夏頃）を目途として、評価専門調査会においてフォローアップを実施し、平成19年度概算要求に関する優先順位付け等に活用することとする。さらに、評価専門調査会においては、詳細なハードウェア要件、L S Iの論理構成概略仕様等について、その決定時期である平成19年3月にフォローアップを実施する。また、総合科学技術会議においても、概念設計の内容について、平成19年8月を目途に評価を実施し、その内容如何によっては、抜本的な見直しを検討する。

《補足資料》

補足 1 文部科学省への質問事項

補足 2 本研究開発における評価の論点（案）

補足 3 評価コメント

文部科学省への質問事項

1. スーパーコンピュータ分野の研究開発戦略について

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。

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。

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。

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。

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。

2. 開発ターゲットについて

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。

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。

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。

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。

3. 推進体制について

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。

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。

4. 開発ロードマップについて

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。

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。

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。

5. コンティンジェンシー・プランについて

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。

6. 運用について

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。

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。

7. 人材育成について

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。

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。

8. 関連する情報、その他

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。

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。

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。

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。

9 . 半導体プロセスについて（追加）

全て65nmプロセスを用いた場合、設定した性能目標を達成できるのか。できるとすれば、消費電力見積もりや、物理的な規模、理論性能との関係など、その根拠となるデータを示されたい。

45nmプロセスがいつごろ利用可能になるかがポイントとしてあげられるが、その点について、LSI ベンダーの具体的な状況を示されたい。

本研究開発における評価の論点(案)

論点 1 . 開発ターゲットの明確化について

数値風洞、CP-PACS、地球シミュレータでは、それぞれターゲットとするアプリケーションを特化したことにより高い性能を得ることができたといわれるが、本研究開発においても、ターゲットとするアプリケーションを具体的に特定し、かつ定量的な性能目標を定めて開発を行うべきではないか。

ハードウェアについては、先行する研究開発プロジェクトの成果の利用を前提としており、新技術の開発要素の有無は不明であるが、当研究開発においては、産業基盤技術への波及に向けた積極的な新技術開発への取組と、当計算機システムの着実な実現のどちらを重視すべきか。

また、世界的視点で、規模以外に優位性や差別化の視点は必要ないか。あるとすればどういう点か。

論点 2 . 京速計算機システムの構成と設備規模について

提案された「大規模処理計算機部」、「逐次処理計算機部」及び「特定処理計算加速部」による構成は総花的に見られるが、汎用を目指すために、コストパフォーマンスの良くない構成となっていないか。その場合、ターゲットとするアプリケーションとそこで要求される性能に照らしてシステムの構成を見直すことが必要ではないか。

また、消費電力が50メガワット程度という大規模の設備を、空調、電力供給含めて、建設、維持可能か検証が必要ではないか。

論点 3 . 効率的な開発投資に向けて

約1000億円という莫大な資源を投入して行う研究開発であることから、効率的な投資を行い、大きな成果を上げることが必要である。現段階の提案では、目標とする性能、セールスポイントなどが、ハード、ソフト、アプリケーション全般にわたって不明確で、まだフィージビリティスタディが十分でないように見られる。このため、現段階で全体計画の妥当性等を判断するのは困難ととらえ、本研究開発を「調査研究段階」と「開発段階」とに分割し、調査研究段階においてはフィージビリティスタディ並びに実施に必要な要素技術の開発を含めた概念設計までを行い、その結果を踏まえ、

改めて開発段階に関する評価を行うべきという考え方がある。一方、研究開発を2段階に分割して実施することは、コスト面、パフォーマンス面で非効率であることから、研究開発は一体的に行うこととして、研究開発の途上においてきめ細かに評価を行い、必要に応じて計画の修正を行うべきであるという考え方もあり、この点についてどのように判断すべきか。また、これらの場合、どのような評価の基準を設けるべきか。

論点4 . マネジメント体制について

このような大規模な研究開発を効果的・効率的に推進し、成功に導くためには、実効的なマネジメント体制を構築することが重要である。開発時、運用開始後のそれぞれについて、プロジェクトリーダーに与える権限と責任、全体の責任体制等を明確にし、徹底を図るべきではないか。

評価コメント

1. 評価の論点に対する意見

論点1：開発ターゲットの明確化について

- ・開発目標の明確化において、工学分野、物理分野、生物科学分野等の各分野の次世代計算科学のニーズのどれをこのコンピュータで受け持ち、どれを他のコンピュータで受け持つかという、我が国全体のスーパーコンピューテーション環境の全体像の中で、各分野のユーザである有識者と計算機ハード側のコンセンサスが未熟である。この点のフロントローディングが不鮮明のまま進めると、地球シミュレータのような問題があとになって顕在化する。
- ・事務局案に加えて、継続的な最先端・高性能スパコンの開発ビジョンを明示し、その中で、ハードウェア、ソフトウェア両面について今回の開発ターゲットの位置づけを示すべきである。
- ・「本研究開発における評価の論点(案)」の記述を「ターゲットとするアプリケーションを具体的に特定するとともに、アプリ責任者と計算機システム責任者が議論して定量的な性能目標を定め - - - 」に修正。
- ・「本研究開発における評価の論点(案)」の記述の中に私の意見を包含しておりますが、ハードウェアに関し、新技術への継続的取り組みの姿勢を明確にするべきであると考えています。単に計算科学の推進だけでなく産業への波及効果を明確に意図するためでございます。
- ・先端技術振興という意味あいでは、ある特定のアプリケーションをターゲットに「早く」、ハードウェアおよびアプリケーション開発をしたほうが、明確な目標が定義出来てよい。また、スーパーコンピュータの産業界への着実な定着という意味合いでは、汎用性を有したコンピュータの開発が望まれる。
- ・入手している情報によれば、2009年頃には、45ナノのCPUは市販化される。また、2008年頃には、ベクトル機、スカラ機共有の機能を有したスーパーコンピュータが、発売されるのではないかと推測している。(今回の京速コンピュータのアイデアと同じもの。) Step 1 (2008～2010年頃、汎用性コンピュータ)、Step 2 (2012年以降、35～45ナノのCPUを有した専用コンピュータ)と、2段階の開発にステップわけをして、早く、世の中に発表して欲しい。2012年頃の京速コンピュータの開発では、世の中では、世界一にはなりえないのではないかと。

- ・本研究開発は、重要と思われるいくつかのアプリケーションをターゲットとして、それらを高速に実行して成果を出すことを目的とした計算機を開発しようとするものである。「汎用」という表題があり、数値風洞、cp-pacs、E S などより若干広いターゲットを狙っているが、単なる「汎用計算機」ではなく、目的のアプリケーションに合ったアーキテクチャ、ソフトウェア、ミドルウェアなどを開発することが重要である。第二回検討会で文部科学省から出された回答書にあるように、18年夏までに、アプリケーションの分析にてシステムの設計を行うことになっており、初期の提案書より格段に改善されている。アーキテクチャの決定においては、これまでのいきさつにとらわれることなく、真に「使える」コンピュータを目指していただきたい。
- ・LINPACK はターゲットのアプリケーションそのものではなく、あくまで多様な性能のごく一面を示すベンチマークではあるが、長年一つの指標として用いられて来ており、CPU 性能のみでなく、メモリバンド幅、結合網バンド幅などについて技術のベースラインを上げてきたものであるから、これにおいても高い数値を出すことは技術の優位性を示す上で非常に有効である。
- ・計算科学アプリケーションに関しては、目標を明確にし（基礎科学ではノーベル賞を狙う、新学問分野を創出する、産業技術ではその経済効果が大きいもの、など）それぞれでグランドチャレンジを設定して、本プロジェクトで開発されるスーパーコンピュータの性能を最大限に引き出せるアプリケーションを選定して取り組むことが必要だと考えられる。

論点 2：京速計算機システムの構成と設備規模について

- ・論点 1 の観点（各分野の次世代計算科学のニーズのどれをこのコンピュータで受け持ち、どれを他のコンピュータで受け持つかということ）も併せて、全体システムアーキテクチャー構想と、それを実現する必要なキー技術群の整理と実用時期計画を、ハード側とソフト側の協業作業でフロントローディングすべき。現状、これらがまだ固まっていない。
- ・計算機システムの構成と設備規模については、概念設計を終えていない現状で評価することは困難である。概念設計を終えた段階で、その妥当性評価をすることが望ましい。
- ・運転維持費が年間 100 億円と高いが、消費電力と保守費の更なる低減を検討すべし。
- ・「本研究開発における評価の論点(案)」に対し強い意見はございませ

んが、システム構成の詳細が明確でないとの2回目の委員会での意見を考えますと、「システム構成見直し」の意味が曖昧ではないかと存じます。「アプリケーションとシステム構成との関連をより明確化するべき」がより適切かと考えます。

- ・「寄せ集め」のシステム構成であり、何故、「大規模処理計算機部」、「逐次処理計算機部」、「特定処理計算加速部」にわけらなければならないのか、理解できない。「ひとつ」に絞込み、開発の加速化を図るべき。
- ・科学技術創造立国の基盤として、次期スパコン開発を推進すべきである。その計画は具体性を持って綿密な検討の下に立てるべきである。10月11日のヒアリングの席で、文部科学省からの説明の中に「計算機構成はイメージとして考えてほしい」旨の説明があった。よって、計算機構成そのものを基本に戻って練り直す必要がある。それに伴い、各部分の予算の積み上げも変わってくるはずであり、具体性のある経費の積み上げをする必要がある。
- ・10月11日の資料3-2の18ページに、「ベクトル計算機」の占める割合は小さい(1割に満たない)との事実の指摘がある。一方、このプロジェクトでは、「ベクトル計算機」(大規模処理計算機)の完成は2012年となっている。完成時点(2012年)には、「ベクトル計算機」は、トップ500で1%程度であることが予測される。(最近のトレンドはトップ500のホームページを参照のこと。<http://www.top500.org/lists/2005/06/overtime.php?c=9>) 「ベクトル計算機」でのソフト資産のために開発を続けることは、1990年代の汎用大型コンピュータの衰退期に、ソフトの資産を守るために汎用大型コンピュータの製作を続け、変革期における対応が遅れたことと同じような運命をたどる危険性がある。また、「並列計算機」の性能の目標値は0.5PFLOPSであり、ペタフロップスに届かない。以上の2点を考慮したとき、国家プロジェクトとして「ベクトル計算機」を開発し続けることは非常に危険である。今回の「ベクトル計算機」の開発は、2012年頃には世界標準となっている可能性の高い「スカラ計算機」に対応するソフトウェア開発までの「つなぎ」の役割と考えるべき。「つなぎ」として考えた場合、2012年では遅すぎる。今回のプロジェクトの中で、ミニ・ロードマップを作り、「ベクトル計算機」にはそれほどの経費をかけないで、開発的な要素を少なくし、2010年より前に完成させ、「スカラ並列計算機」を2012年ごろに完成させるとするのが一つの考え方である。
- ・京速計算機というのであるから、10ペタフロップスクラスで汎用

の計算機を開発することを第一の目標にすべき。特定計算機にその役割を担わずのものは、プロジェクト全体の考え方として整合性がない。「大規模処理計算機」と「逐次処理計算機」の部分を再検討し、中核部分にグランドチャレンジを担う、10ペタフロップスクラスの汎用計算機を構築すべきである。「ベクトル計算機」と「スカラ並列計算機」を密結合しても、アプリケーション側は使い切れないし、必要性はない。疎結合であれば十分である。第1回検討会資料2-3としてまとめられている計算科学技術推進ワーキンググループ第2次中間報告概要に挙げられているアプリケーションは、どれも「ベクトル計算機」でも、「スカラ並列計算機」でも、どちらかがあれば実行が充分可能であり、密結合が必要であることを結論できる論拠は示されていない。したがって、ハードウェアとして予算計上されている異機種間接続超高速インターコネクション部は基本的に必要ない。

- ・アーキテクチャについては、アプリケーションの議論に基づいて決まるものではあるが、「大規模処理計算機部」にベクトル計算機が有力視されていることには若干危惧を感じる。確かに、地球シミュレータまでは、ベクトル計算機は高速化が容易であり、多くの分野のプログラムを高効率で実行してきた実績があるが、これは0.5 double word / flop という高いメモリバンド幅に依存しており、ペタフロップス領域でこのバンド幅を確保するには、多大な設備や電力を要し、経費的にも多くのリソースを必要とする。2010年にベクトルを作ることの技術的必然性は疑問である。もし、ユーザが地球シミュレータの後継をどうしても必要ということなら、100 Tflops 程度のベクトルを65ナノの技術で、比較的早期に設備することも考えられる。もし、疑似ベクトルやSIMD機構を選択するなら、逐次処理計算機部と併合することも十分可能であろう。
- ・特定処理計算加速部は、このプロジェクトの特徴ではあるが、このアーキテクチャは非常に問題であり、慎重にかつ大胆に設計することが要求される。専用性と性能のバランスが特に要求される。Grape-DRの後継が有力視されているが、これにとらわれることなく、絞ったターゲットに有効な機械を設計して欲しい。なお、多少の汎用性はあるとはいえ、これはあくまでも特定処理のためのものであり、多くのアプリケーション（とくに密結合のもの）には不向きであり、これだけで計算需要をカバーすることはできない。汎用的な「逐次処理計算機部」（またはそれと「大規模処理計算機部」を併合したもの）は必ず必要である。
- ・逐次処理計算機部は、多くのユーザにとっての主力の計算エンジン

であり、この設計には多くの配慮が必要である。とくに電力消費、熱発散の問題は避けて通れない。ペタレベルとしては、恐らくマルチコア（1つのチップの中に多くの演算器を設置する手法）が必要であるが、演算器は多数設置できてもメモリバンド幅が不足する危険がある。省電力プロセッサの研究も広く行われているところであり、設計に反映していただきたい。

- ・提案されたスーパーコンピュータシステムは、消費電力が膨大で多額の運用費が必要とされる。このような巨大システムが必要であると認められるためには、システムの資源すべてを有効に使うことができるアプリケーションの計算需要とその重要性がどの程度あるのか示す必要がある。

論点3：効率的な開発投資に向けて

- ・産業側の投資観点からすると、論点1（各分野の次世代計算科学のニーズのどれをこのコンピュータで受け持ち、どれを他のコンピュータで受け持つのかということ）と論点2（全体システムアーキテクチャー構想と、それを実現する必要なキー技術群の整理と実用時期計画）とを固めた時点で、本格的な投資をすべきとの経営判断が妥当であるが、今回の国として基幹技術の開発の意義を認識すると、分割せずに一体の国家基幹技術プロジェクトを立てて、論点1, 2の仮題等をきめ細やかに、適切な時期に固めて推進することの方が妥当と考える。その際に、評価専門調査会は事前評価の充実化と、中間評価スキームの精緻化をすべき。
- ・効率的な開発投資を進めるためには、概念設計を終えた段階で評価を行い、開発に進むことが望ましいが、現時点で分割して進めることはかえって非効率になるだろう。したがって、本件は一体的に研究開発を進めることは是とする。しかしながら、概念設計を終えた段階で評価し、必要に応じて修正を行うべきである。
- ・一年以内に概念設計とターゲットアプリを明確にし、研究開発は一体的に進めるべき。
- ・「本研究開発における評価の論点(案)」に対し、2回目の委員会でも多くの意見がだされましたが、ハードウェア開発の最近の手法からみまして、ITRS ロードマップ自体がその分野の第一線の研究者によるフィージビリティースタディの結論であり、本計算機械開発に関し少なくともロードマップ上予定の線表上にある45nm/65nm/LSI フィージビリティースタディの必要性は少ないかと思われます。光コネクション等の実装技術につきましては信頼性上の事前評価の必要性があるかもしれません。実装法に関しましては計算性能・電力性

能を落とさない高信頼代替技術があると思いますので、フィージビリティスタディの対象となり得ると考えます。

- ・ 研究開発のフェーズを2段階にすべき。「調査研究段階」のフェーズに、いわゆる、プロトタイプのハードウェア開発とアルゴリズム確認用ソフトの開発とを組み合わせれば、開発の連続性は保たれるはず。車輛開発においては、商品企画、試作モデルという過程を経て、実用化すべきかどうかの判断している。
- ・ ソフトウェアに関しては、アプリケーション・ソフトの開発に人手も時間もかかる。予算計画では、ミドルウェアにコストが掛かりすぎ、アプリケーションのコストが少なすぎる。逆転すべきである。
- ・ 文部科学省の提案において、やっておいて欲しかったことは多少あるが、それだからと言って調査研究と開発の二つのプロジェクトに分けることは全く現実的ではない。すでに、多くの準備的な研究開発が行われており、多少の選択肢はあるが、全体的なフィージビリティはすでに明らかである。世界の最先端を走るためにも、資金やヒューマンリソースの効率的な活用を実現するためにも、あくまで一つの研究開発プロジェクトとして推進すべきである。開発過程における適切な助言、評価はもちろん必要である。
- ・ 研究開発を2段階に分割することの非効率性は理解できる。現時点では、計画の詳細が不明で評価が困難であるという事情により、計画が明確に示された時点および研究開発途上において評価を行い、必要に応じて修正するという方針を採らざるを得ない。

論点4：マネジメント体制について

- ・ 解決すべき大きな課題群を責任を持って推進する為には、一人のPDの下に、ハードとソフトそしてミドルウェアのサブPDを置き、それぞれの責任と権限を明確にしたマネジメント体制が必要である。現在の計画ではこの点の具体性が弱い。同時に、プロジェクト推進責任体制と独立して、適切な時期に評価と是正をする機能を持たせた評価責任体制を固めるべきである。現状の計画では、この両者の組織体制が不鮮明で、かつ手戻りを防止出来る適切な機能発揮が出来るか不鮮明である。予算執行前に以上の点を固めることが必要。
- ・ ターゲットアプリの責任者もサブリーダーに加え、アプリと計算機システムの両方が連携して推進できる体制とすべき。
- ・ マネジメント体制については、十分戦略的に精緻化されたものといえない。すなわち、整備主体と運用主体について、総括グループのプロジェクトリーダー、ソフトウェア開発グループリーダー、ハードウェア開発グループリーダー等の選定方法、選定基準の明確化、

それに基づく開発時、運用開始後両者についての権限と責任体制の明確化が不可欠である。適格なプロジェクトリーダーの選定を前提として、組織のマネジメント体制を整備することが必要である。

- ・技術の発展には、継続性が強く求められる。大げさに言えば、「コンピュータ産業の育成」においては、継続性に欠けていたと言わざるを得ない。スーパーコンピュータの世界は、唯一日本に残された、「コンピュータ産業育成」の分野である。日の丸 ハードウェア、ソフトウェアをいかに育成し、今一度、世界に羽ばたかせるのかを、考える必要がある。産業振興 = 経産省 / 科学振興 = 文科省という、はざまのなかでは、継続性が保たれないならば、両省とは別に、「スーパーコン」を継続的に、計画 / 実践する「グループ」が、必要ではないか。
- ・重要なこととして、開発体制がある。メーカー、計算機工学者（ハード、及びソフト）、アプリケーションの三者の綿密な共同作業が出来る体制が必要である。また、それぞれが国際的なレベルの人で構成されるべきである。これだけの規模のプロジェクトであるので、諮問委員会に外国人を入れて国際的な観点から諮問することも考えられる。ただし、国家プロジェクトであるので、人選には慎重を期する必要がある。
- ・プロジェクトの全体を統括する拠点（整備主体）に、しかるべき陣容を整備することがまず大前提である。これとともに、全ての開発を一箇所で行うのは事実上困難であるとともに、一箇所に過度に集中しすぎるのは、日本全体の持続性のある発展のために望ましくない。計算機システムを、例えば原案のように3分割するのであるなら、それぞれの計算機部分のハードとソフトを含めた部分システム全体を、責任を持って開発できる実質的な体制を3箇所程度構築することが効率的かつ効果的な開発の為に望ましい。この場合、事業主体が十分な調整機能を果たすことは当然である。
- ・計算機の開発は、数値風洞やE Sにおける三好先生や、cp-pacsにおける中澤先生のような強力で視野の広いリーダーが権限と責任をもって進める体制が必要である。NEC出身の渡辺貞氏がリーダーに内定しているということであるが、場合によっては出身母体の意向に反する意志決定さえできるような権限が必要である。
- ・計算科学技術のグランドチャレンジでは、各テーマで、国内外から優秀な研究者を集めて組織することができる超一流の人物をリーダーとして迎え、強力なリーダーシップが発揮できる体制を整えるべきである。このようなリーダーを配置できれば、本プロジェクトが世界から注目されると同時に世界に影響を与え、次世代計算科学技

術を先導できる可能性が高くなる。

その他

- ・ 本件も含め、総合科学技術会議が評価をする大規模研究開発については、その長期的ビジョンの策定・提言が進められるよう、総合科学技術会議が主導すべきである。
- ・ 人材養成の拠点形成に関し「海外人材の活用・交流の具体化」、委員会でも意見がでた「ハードウェアとソフトウェア技術者との交流の具体化」を論点に加えてはいかがかと存じます。出席委員からハードウェア技術者はソフトウェアのことを理解していないとの指摘がでましたが、逆もまた真であり、ソフトウェア技術者はハードウェアの可能性に関しやや誤解している面も見られます。したがって、文科省のいわれる継続的な開発を実現するには両者の交流の場を担保することが将来に向け重要かと存じます。
- ・ 自動車の世界においては「物づくり＝コンピュータシミュレーション」と言っても過言ではない。「試作車＝物」を作り、テスト/試験をし、結果を確認し、設計変更/再・試作車/再テストというプロセスでは、開発期間の短縮、品質の確保は、出来ない。今後、世界で、日本の産業が生き延びるためには、デジタルデータで、設計/シミュレーションをし、お客様のニーズにタイムリーに対応することが、必要である。そのためにも、スーパーコンピュータのハードウェアの開発とともに、アプリケーションソフトの開発も同時に計画する必要あり。

2. その他考慮すべき事項に関する意見

- ・ 第一次事前評価結果に基づき、H18年度の予算執行前までに責任府省は指摘事項を出来る限りフロントローディングすべき。本事前評価会はH18年3月にそのフロントローディング結果を再度事前評価すべき。その上にたって、予算執行段階の適切な時期に、本評価会として指摘事項のフォローアップを行う必要がある。
- ・ 莫大な資源を投入して行う研究開発であることから、ターゲットアプリの完遂による世界的な技術ブレークスルー（イノベーションの種）と本研究開発の波及効果としてのハードの強み（ローパワー計算機システム）及び上級ソフト技術者の育成を期待する。
- ・ 本プロジェクトの任務を遂行する戦略的実施計画、実施体制を検討する必要がある。本プロジェクトの戦略性の中核的要素となる人材の登用がまさにコアコンピタンスであることを認識して、実施体制を設計する必要がある。その意味で、プロジェクトリーダーをはじ

めとする構成人員のイメージは、極めて一般的で、パフォーマンスに貢献する意味で説得力を欠く。

- ・繰り返しになりますがアプリケーションの目標・性能の具体化がございませんと事後の評価が大変困難となります。
- ・わが国は、数値風洞、cp-pacs、地球シミュレータと国の資金による研究開発で、世界最先端の計算機を作り出し、しかもそれが製品化され、大学・研究機関や民間に利用されるというすばらしい伝統を持っている。しかし最近はむしろアメリカがこの路線を実行し、日本を完全に追い抜いている。この状況を挽回するには、以下のような視点が必要である。

1) 重層的な計算資源の整備：地球シミュレータは2年半もトップを維持したが、このとき世界の上位に、日本国内では他の計算機がほとんどなくなってしまった。今回も、この京速計算機が実現したとき、その何分の一かの性能の計算機が、日本の各地に設置され、研究や製品開発に利用されるような状況でなければ意味がない。「一点豪華主義」では科学技術の健全な発達は期待できない。最下層のパソコンやデスクトップは別として、大規模、中規模の計算資源の重層的配置が不可欠である。

2) 長期的戦略の必要性：文部科学省の説明では、数値風洞・cp-pacs・E Sと戦略的に推進してきたように書かれているが、現実にはそれぞれ単発のプロジェクトとして構想され、当事者の莫大な努力があつて、文部省・科学技術庁の計画となったものであり、戦略性は必ずしも十分でなかった。そのため、今回の検討会でしばしば指摘されたように、地球シミュレータが稼働した時点で、次期計画を構想すべきであった。今回の提案には、京速計算機後のロードマップも書かれており、希望がもてるが、予算的に保証されたものではない。ロードマップに基づいた長期的戦略が重要な鍵である。

3. 調査・検討項目に対する意見

3 - A . 科学技術上の意義

- ・国家基幹技術として積極的に推進すべし。
- ・ハードウェア技術面では45nm技術の量産実用化時期を早める効果が期待される。光結合の信頼性向上の為に技術開発が促進される効果が期待される。ソフトウェア技術面では日本の技術的遅れを回復する効果が期待される。
- ・スーパーコンピュータを用いた研究は、多くの分野で実験、理論と並ぶ重要な方法論であり、今後の科学技術の発展に不可欠である。

今後、ますます複雑で、強相関、かつ大規模で複数の物理法則や空間・時間スケールをもつ対象のシミュレーションが必要となり、それを実行するには高性能の計算機が必要である。その点から、京速計算機の開発は、わが国の研究者に強力な道具を与えるものであり、日本の研究レベルが世界に伍して行くために不可欠な道具である。

- ・アプリケーションでグランドチャレンジを明確に設定し、本プロジェクトで開発されるスーパーコンピュータの性能を最大限に生かすことができれば、計算科学技術上のブレークスルーが達成できると期待される。このような成果が得られれば、基礎研究、応用研究および産業技術への波及効果が期待できるので、科学技術上の意義は大きい。

3 - B . 社会・経済上の意義

- ・社会的価値、経済的価値創造という我が国のイノベーション力強化に必須。
- ・革新的目標設定を行ったうえでハードウエア開発を進めることができれば、低消費電力LSI、光インターコネクションなど関連産業にも大きな効果が期待できる。
- ・ハードウェア技術面では“半年の先行”が産業収益上大きな効果があり、本計画は市場シェア確保の点で期待度が高い。ソフトウェア技術面では、成果物が世界標準となるか否かが不明確な点が多く判断が困難である。
- ・スーパーコンピュータは、産業界における製品設計にも大きな寄与をなすものである。近年、製品サイクルが短縮し、短期間に設計と評価を行わなければならないとなっている。設計の度に実物のモデルによって評価を行うことは、時間的にも経済的にも不可能になりつつある。製品は高度化、複雑化しており、これを総合的に評価するには、多くの要素の相互作用を考慮に入れる必要があり、シミュレーションによる設計・評価には多大な計算力を必要とする。京速計算機、およびそれからもたらされた知見は、産業界にも大きな効果をもたらすものである。わが国でも、最近やっと計算機による製品設計が実用化されつつあり、それを実証する意味でこのプロジェクトの意義は高い。
- ・本プロジェクトにより、計算科学技術の飛躍的向上が期待される。さらに、産学官が協力して計算科学技術の研究開発を継続して行う体制が構築されることにより、シミュレーション技術の産業応用が促進され、研究開発の効率化に貢献することが期待される。

3 - C . 国際関係上の意義

- ・ 国益上、国家基幹技術として極めて重要。
- ・ 世界に冠たる計算機資源を維持するには将来、一国では困難と考えられますので、アジア等の「シンパ」を形成する努力が必要でしょう。
- ・ 京速計算機は、国際的な貢献の要素もある。地球シミュレータの温暖化の研究は全地球規模の問題であるし、津波のシミュレーションは多くの国にとっての重要事項である。わが国は、このような点で貢献するところが大きい。また、超高速計算機は、自分でつくらなくても外国から購入してくれば良いという意見もあるが、アメリカにとって超高速計算機は軍事施設であり、安全保障にかかわるものであるから、提供されるかどうかは政治的判断に左右される。相互に依存関係にあるならばよいが、一方的に依存することは、日本の安全保障の観点からも適切でない。それだけでなく、大規模な問題を解決する技術は、計算機の技術と連携して発展するものであり、一方的に他国に頼ってはこのような分野の健全な発展は望めない。さらに、アメリカのみならず中国も第11次五カ年計画の終わる2010年を目指して、ペタフロップスクラスの超高速計算機を計画していると伝えられる。ロケットなどと同様に、技術のシンボルとしての超高速計算機という側面も無視できず、今の時点でこの計画を早急に推進すべきである。
- ・ 本プロジェクトで、次世代の標準となる計算科学手法やアプリケーションプログラムが開発されれば、アメリカ、ヨーロッパに追いつき追い越し、世界をリードする立場に立つことができる。

3 - D . 計画の妥当性

- ・ 論点1 - 4の指摘事項（各分野の次世代計算科学のニーズのどれをこのコンピュータで受け持ち、どれを他のコンピュータで受け持つかということ、全体システムアーキテクチャー構想とそれを実現する必要なキー技術群の整理と実用時期計画、プロジェクト推進体制と評価責任体制の確立等）をタイムリーに解決し、合理的な評価体制と併せて実行することで、現在の計画の曖昧さを解決して、進めることが必要。
- ・ 概念設計を速やかに行い、定量的な目標を明示したうえで、再度妥当性を評価することが望ましい。
- ・ 当該研究開発が、多額の資金を投入して、国際的な競争優位を獲得する戦略的な目的を有するものであるため、不確実性を考慮に入れた環境予測を含め、効果的な体制の構築、適格な人材の配置を検討

- する必要性が大きいことを一層認識して計画を策定すべきである。より戦略的な観点が生計画に不可欠であることを確認すべきである。
- ・ハードウェアに関しては目標、資金について概ね妥当と思います。ソフトウェアにつきましては、アプリケーションにおいて上記のように具体性が余りないことと、主として人材確保が重要であるため、判断しにくい状況かと思ひます。
 - ・わが国のこの分野の産業は力を失いつつあり、これはゆゆしき事態である。今、本プロジェクトのような実利も大きく夢もあるような計画を推進しなければ、1980年代から培ってきた超高速計算機技術は死に絶えてしまう。今がまさに好機であり、半導体のロードマップの主導権を取るためにも適切な計画である。体制については、企業の力を借りなければ不可能な技術開発ではあるが、企業の短視眼的な利益ではなく、計算科学技術を発展させることを第一義的に目指すプロジェクトにすべきである。また、京速計算機は環境面からの配慮も必要である。必要な電力量は50MWという予備的な推定もあるが、現在、研究が進められている省電力技術を使って、可能な限り電力を減らすことを考えるべきである。
 - ・計算科学アプリケーションについては、グランドチャレンジの選定をはじめとして計画の詳細が不明であるため、現時点で妥当性を評価するのは困難である。

3 - E . 成果（見込み） 運営、達成度等

- ・論点1 - 4（各分野の次世代計算科学のニーズのどれをこのコンピュータで受け持ち、どれを他のコンピュータで受け持つかということ、全体システムアーキテクチャー構想とそれを実現する必要なキー技術群の整理と実用時期計画、プロジェクト推進体制と評価責任体制の確立等）をフロントローディングして進めれば、効率的な運営が期待され、所期の成果が得られる。ただし、必要な関連府省連携とタイムリーな評価の実行が成功への条件となる。
- ・ハードウェア性能は実現の可能性が高いと思ひます。
- ・すでに提示されている多くのアプリケーションでの可能性を考えると、本研究開発の学術上、また産業への寄与は極めて大きいと期待される。これまで、産業界でシミュレーションを用いた設計手法が十分に認識されてこなかったのは、現実的な問題を解決するために必要な計算量を処理できなかったためとも考えられる。京速計算機が示す成果により、産業界での高速計算機の利用は促進されるものと思われる。問題は、運営の方式および体制である。京速計算機は汎用的な計算機であるから、多くのユーザからの要求があるものと期待

されるが、資源をあまりに多数のユーザに分配してしまうと、京速計算機をつくった意味がなくなる。また、異機種結合の計算機にどう計算要求を割り付けていくかも頭の痛い問題である。いずれにせよ、広範な需要と、この設備でしか出せない成果とのバランスのとれた施策が必要とされる。

- ・ 計算科学技術の成果を定量的に評価するのは難しいが、本プロジェクトで開発される革新的な手法・ソフトウェアが、基礎研究、産業応用を問わず広範に普及し、研究開発の高度化、効率化に貢献すると期待される。

スーパーコンピューティング分野全体の中における、当該研究開発の意義及び他の研究開発との関係等

- ・ 論点1 - 4（各分野の次世代計算科学のニーズのどれをこのコンピュータで受け持ち、どれを他のコンピュータで受け持つかということ、全体システムアーキテクチャー構想とそれを実現する必要なキー技術群の整理と実用時期計画、プロジェクト推進体制と評価責任体制の確立等）特に論点1（各分野の次世代計算科学のニーズのどれをこのコンピュータで受け持ち、どれを他のコンピュータで受け持つかということ）が重大な指摘事項。これを開発初期段階で固める必要がある。
- ・ 計算科学からの意義はアプリケーションと上記の国際協調の実現次第ですが、十分意義を引き出せる可能性のある計画と考えます。単に、一時的世界一による国威発揚ではなく、広く内外の利用者へ門戸を広げ、我が国のスーパーコンピュータ利用者の拠点形成への努力を期待致します。
- ・ ESとその後継機がなぜ10年間も間があいてしまったのかを総括する必要がある。一つの理由はロードマップがなかった点である。もう一つの理由は、ESの開発費と維持費に費用が掛かりすぎ、他のプロジェクトを立ち上げる財政的な余裕がなかった点が挙げられる。今回のプロジェクトで同じ轍を踏まないことが重要である。
- ・ 計算科学技術における問題の規模やサイズはさまざまであり、すべてが京速計算機を必要とするわけではない。そのため、京速計算機を頂点とする重層的な計算設備を配備すべきであり、これにより、わが国全体として調和のとれた発展が期待される。しかし、小規模な問題のシミュレーションで知見が得られれば、より大きな規模のまた複雑性の高い問題に挑戦したくなるのがユーザの常であり、このような挑戦が科学技術の進歩を促進する。
- ・ 超高速計算機は、ハードウェアのみならず、基本ソフト、ミドルウ

エア、応用ソフト、グリッド技術などが結合した総合技術であり、コンピュータサイエンスとしても重要な課題である。関連分野との密接な協力が不可欠である。

- このような分野の人材を養成することも急務であり、京速計算機の登場が、多くの若者に夢をあたえ、わが国の情報分野の人材の向上にも役立つ。
- 計算科学のアプリケーションの開発は、計算機のアーキテクチャを念頭において考案されることが多いと思われるが、一般的な計算機と互換性のないアーキテクチャーが採用されると、大変な労力と時間の無駄になる。この観点から、アプリケーション側から見た計算機のアーキテクチャは、標準的なものを採用すべきと考える。

《参考資料》

参考 1 第 1 回評価検討会文部科学省提出資料

参考 2 第 2 回評価検討会文部科学省提出資料

参考 3 後日府省提出資料

第 1 回評価検討会文部科学省提出資料

最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用
文部科学省

〔資料 2 - 1〕

「最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用」
プロジェクトの実現に向けて ～補足説明資料～
文部科学省

〔資料 2 - 2〕

計算科学技術推進ワーキンググループ第 2 回中間報告概要
学術審議会研究計画・評価分科会情報科学技術委員会

〔資料 2 - 3〕

次世代スーパーコンピューティングの実現を要望する 他
研究グリッド産業協議会長 他

〔資料 2 - 4〕

コンティンジェンシー・プランについて（案）
文部科学省

〔資料 2 - 5〕

第 2 回評価検討会文部科学省提出資料

最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用
文部科学省

〔資料 3 - 1〕

最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用
(第 1 回追加宿題に対する回答)
文部科学省

〔資料 3 - 2〕

最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用
(第 2 回追加宿題に対する回答)
文部科学省

〔資料 3 - 3〕

参考資料：専用機の性能を持つ汎用超並列計算機へ
東京大学 平木 敬

〔資料 3 参考資料〕

後日文部科学省提出資料

プロジェクト体制図（イメージ）
文部科学省