

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(原案)

平成 19 年 月 日

総合科学技術会議  
評価専門調査会



## 目次

1. はじめに.....	1
2. 評価の実施方法.....	3
(1) 評価対象.....	3
(2) 評価目的.....	3
(3) 評価者の選任.....	3
(4) 評価時期.....	3
(5) 評価方法.....	3
3. 評価結果.....	5

### 《補足資料》

補足 1 文部科学省への追加説明依頼事項.....	i
補足 2 評価の論点(案).....	v
補足 3 評価コメント.....	vi

### 《参考資料》

参考 1 評価専門調査会 名簿	
参考 2 評価検討会 名簿	
参考 3 審議経過	
参考 4 第 1 回評価検討会 文部科学省提出資料	
参考 5 第 2 回評価検討会 文部科学省提出資料	



## 1. 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・有識者の参加を得て、府省における評価結果も参考に調査・検討し、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 年度予算において文部科学省が新たに開始し、平成 18 年度予算額 35 億円、平成 19 年度予算額 77 億円、総事業費 1,154 億円(平成 18 年度から平成 24 年度までの 7 年間の国費総額)を見込む大規模研究開発である。総合科学技術会議では、これまでに、平成 17 年 11 月に事前評価を実施し、推進体制の改善や資源配分への反映を求める評価結果をまとめ、関係大臣に意見具申しした。また、平成 18 年 10 月には、マネジメント体制や開発ターゲット、システム構成等についてフォローアップを行った。今般、開発主体における概念設計作業及びその結果に対する文部科学省の評価が平成 19 年 6 月に終了したことを受け、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こととする。

## 2. 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】

○全体計画：平成18年度から平成24年度までの7年間・  
国費総額1,154億円

### (2) 評価目的

総合科学技術会議が実施する評価は、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実施し、評価結果を関係大臣に意見具申して、当該研究開発の効果的・効率的な遂行を促進することを目的としており、本評価はこの目的に沿って実施した。

### (3) 評価者の選任

評価専門調査会[参考1]の有識者議員、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[参考2]。

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

平成18年10月に実施したフォローアップにおいて、概念設計作業が終了した後、速やかに評価を実施することとしたことを踏まえ、文部科学省による評価の終了を待ち、直ちに評価を実施した[参考3]。

### (5) 評価方法

#### ① 過程

- ・第1回評価検討会において、文部科学省の担当審議官他から

研究開発概要のヒアリング[参考 4]を行い、②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提出された追加説明依頼事項について、文部科学省へ対応を依頼[補足 1]した。

- ・ 第 2 回評価検討会において、追加説明依頼事項についてのヒアリング[参考 5]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。
- ・ 第 1 回、第 2 回評価検討会での調査・検討内容を踏まえ、評価検討会委員が評価コメントを作成[補足 3]した。
- ・ 作成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、評価報告書原案を作成した。
- ・ 評価専門調査会において、評価報告書原案を基に評価報告書案を検討し、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。

## ② 調査・検討項目

評価検討会では下記項目について文部科学省から説明を受け、概念設計案についての、文部科学省による評価のプロセス及び結果の妥当性を中心に、調査・検討を行った。

- A. 研究開発計画の概要
- B. 研究開発の進捗状況
- C. 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
  - ・ 評価の経過
  - ・ 評価の結果
  - ・ 評価対象となった理化学研究所による概念設計案の内容等

## ③ その他

評価検討会は非公開としたが、資料は文部科学省が指定した秘密情報を除いて検討会終了後に公表し、議事概要については発言者による校正後に要旨を公表した。



### 3. 評価結果

「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<sup>注1)</sup>)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、平成 18 年度から開始し平成 22 年度にシステムの稼働、平成 24 年の完成を目指している。「科学技術を牽引する世界最高水準の次世代スーパーコンピュータ」は、第 3 期科学技術基本計画に基づく分野別推進戦略(平成 18 年 3 月 28 日 総合科学技術会議)において国家基幹技術として位置付けられている。

総事業費の見込額は 1,154 億円(平成 18 年度から平成 24 年度までの 7 年間の国費総額)となっており、平成 18 年度は予算額 35 億円、平成 19 年度は予算額 77 億円で実施されている。

平成 18 年 9 月より開発主体である独立行政法人理化学研究所において概念設計が実施され、平成 19 年 4 月にシステム構成案がとりまとめられた。そのシステム構成はスカラ演算部とベクトル演算部からなる複合汎用システムとするものであった。本案については、文部科学省の科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 情報科学技術委員会 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)による評価が行われ、平成 19 年 6 月 12 日に作業部会による評価結果として情報科学技術委員会に報告された。

文部科学省が行った評価では、作業部会において、本プロジェクトの目的及び目標に照らしたシステム開発方針の適切性、及びシステ

---

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)

ム構成案の妥当性(システム構成案の詳細及び性能、システムの機能、システムの運用)の各評価項目について、評価の視点又は基準を設定し、スーパーコンピュータのアーキテクチャやソフトウェア分野等の専門家により、8回にわたって慎重な調査・審議が行われており、評価のプロセスとして適切である。

システム構成案については、平成 17 年度に総合科学技術会議において実施した事前評価時点における検討案に比べ、システム性能や消費電力等について大幅に改善することを見込む等、革新性のあるものとなっており、計算速度に関する定量的な性能目標については達成可能であると判断される。また、多様なアプリケーションに適用できる汎用性、システムの拡張性・下方展開性、両技術の発展・改良による技術力の強化や国際競争力の向上の観点からも、複合システムには有効性が認められる。性能目標設定に関しても、対象とする指標について適切な見直しが行われており、理化学研究所が作成したシステム構成案が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した、文部科学省の評価結果は概ね妥当である。

以上のことから、文部科学省は、本プロジェクトの所期の成果目標を達成し、その成果を国民に着実に還元していくことを目指し、作業部会による評価において課題とされた、トータルシステムソフトウェアの開発計画の内容及び実施の状況等につき随時フォローしつつ、引き続き研究開発を推進すべきである。

なお、プロジェクトの推進にあたっては、以下の事項に留意すべきである。

- ① 本プロジェクトにおいては、性能目標として、Linpack 10 ペタ FLOPS 達成という定量的性能目標と並び、平成 23 年 6 月のスーパーコンピュータサイト Top 500 でランキング第 1 位の奪取、及び新たに見直した HPC Award 4 項目で最高性能達成を掲げているが、スーパーコンピュータの研究開発への各種取組や

関連技術の開発は、海外においても早いテンポで進展することが見込まれることから、海外の動向にも常に注視しつつ、世界最先端・最高性能を達成するという本プロジェクトの目標に鑑み、計画の弾力的な推進に配慮すべきである。

- ② 本プロジェクトにおいて、これまでにハードウェアについては十分な検討が行われ、それが概念設計に活かされているが、完成したシステムの活用については、今後の検討が必要である。

特にグランドチャレンジアプリケーションのターゲットとしているナノテクノロジー、ライフサイエンスの 2 領域においては、文部科学省が主体となり、高速応答、低消費電力のナノ電子デバイス全体の設計等、本プロジェクトで開発するスーパーコンピュータの性能を十分に活用した成果が得られるよう、研究開発課題を明確にすべきである。また、関係府省とも連携し、エンドユーザーとなる大学・企業等のニーズを把握し、アプリケーションの拡大を促進するための取組みを、ハードウェア開発及びソフトウェア開発と並行して計画的に実行すべきである。

- ③ 大規模な研究開発プロジェクトを効果的・効率的に推進していくためには、実効ある推進体制の整備が不可欠である。

本プロジェクトにおいては、ハードウェアの開発にはメーカー 3 社が参画することから、研究開発を効率的に推進するため、文部科学省の強力な指導のもとで、理化学研究所が主導的な役割を果たすべきである。

一方、システムソフトウェアに関しては、ミドルウェアや並列ファイルシステム等における革新的なソフトウェアの研究開発が期待されるが、このためには、理化学研究所と大学や産業界との連携が重要である。また、システムソフトウェアやグランドチャレンジアプリケーションの開発にあたっては、ハードウェア開発と相互に連携することが必要である。上記を実現するために、文部科学省のイニシアティブにより、ソフトウェア開発推進体制を強化していくべきである。

- ④ スーパーコンピュータを活用する人材の育成や、本システム完成後の運用・サポートに係る体制整備は、本プロジェクトで得られる成果の活用を促進するために不可欠である。文部科学省は、法律に基づいた共用の促進に関する方針について、詳細な内容を早期に策定し、完成後速やかに効率的な運用を開始できる体制を、プロジェクトの進捗に合わせて遅滞なく構築すべく取り組むべきである。
- ⑤ 本プロジェクトで得られる成果は、幅広い産業の国際競争力の強化にも活用し得るものであることから、開発する要素技術も含め、産業への波及に、より一層配慮して研究推進に取り組むべきである。

また、本プロジェクトでは、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ことが目的とされているが、このためには本プロジェクトの成果を長期にわたりスーパーコンピュータの研究開発に繋げていくことが重要である。特に、産業界への波及効果や明確なシナリオのある利用技術等も含め、我が国にスーパーコンピュータ技術を育成・継承するための議論を、この概念設計終了を契機に開始し、今後により深めていくべきである。

## 《補足資料》

- 補足 1 文部科学省への追加説明依頼事項
- 補足 2 評価の論点（案）
- 補足 3 評価コメント



## 補足 1 文部科学省への追加説明依頼事項

### 1. システム性能について

- (1) “HPC Award 4 項目”でトップなら OK とする根拠を明確に。それで世界が認めてくれるか。
- (2) 10 ペタ FLOPS をターゲットに開発することになっているが、世界の動向は流動的であり、予想以上に進歩が早い。世界最高速を謳うのであれば、適当な時期に最終ターゲットを見直す等、より柔軟な対応をする必要があるのではないか。

### 2. 複合システム選択の根拠について

文部科学省の評価において、理化学研究所案の複合システムがベストであると評価した根拠を、以下の各項目に触れつつ、目標(Linpack 10 ペタ FLOPS、Top 500 で首位を奪取、HPC Award 4 項目で首位)の達成、設置面積や消費電力の制約、開発するシステムの革新性・発展性・普及性、技術開発上のリスク等を俯瞰して、論理的に説明して下さい。

- (1) ベクトル型一本に絞り込めない理由を明確に。世界の主流であるスカラ型では勝負できないということか。
- (2) 消費電力あたりのテラ FLOPS 値でスカラ部とベクトル部を比較した図には説得力があった。主要な 7 つのアプリケーションで、ベクトル部が必要となる妥当性に関する第 1 回評価検討会の質疑応答は不明確で難解であった。同じ図をつかって明確な理由を述べてほしい。
- (3) 文部科学省の議論の中で、スカラ部だけでも十分という意見はなかったのか。
- (4) ベクトル部とスカラ部の消費電力性能比を考慮すると、7 つのアプリケーションのベンチマークによるベクトル部とスカラ部の優位性の比較に関する説明には、説得力が無い。
- (5) スカラ部とベクトル部の開発コスト配分額の開示。ペタ FLOPS あたりの開発コストが、ベクトル部がスカラ部より大きい場合は、問題になるであろう。
- (6) スカラ部とベクトル部を個別に切り離して開発してもよいのではないか。
- (7) 性能評価結果は大差ないように見えたが、システムアーキテクチャ候補の絞込みの結果、2 企業グループを採用することの妥当性。

- (8) システム構成の評価において、ベクトル型案、スカラ型案および統合案の3者について、開発困難性、開発スピード、開発コストの観点から、十分な論議と的確な評価がなされたか。
3. 開発システムの革新性、発展性、普及性等について
- (1) 文部科学省による評価において、システム構成案の革新性について「新規のシステムの技術という観点においては、限定的」、また「コンピュータ技術は積み重ねで成り立っており、独創的なだけでは技術として定着しない」という留意点が、本研究開発の進展に与える重要度について説明を求めたい。これらの留意点をクリアすべき方策を組み込む必要がないのか伺いたい。
  - (2) 次々世代でも世界をリードするためには、今からそれへの準備が必要である。このマシン選択が、それにどう繋がるかの根拠を聞きたい。例えば、今回の次のプロセッサ開発を考えると、現方式選択がそれに向けて適切である根拠、また、今回の2種のプロセッサ開発が、今後の諸分野における発展的で様々な用途を開くプロセッサ開発にどのように繋がるか、等に対する検討結果を聞きたい。
  - (3) スカラ部とベクトル部をもつ複合システムは現在殆ど普及していないというニュアンスの説明であったが、今後世の中に普及する可能性はあるのか。普及する可能性が少ない場合、トータルシステムソフトウェアの実現にコストをかける必要があるのか。
4. 開発計画、項目、資源分担について
- (1) 複合機選択の根拠について、片方を選び、それに全資源を投入する場合(相互接続のソフトが不要)との比較を説明してもらいたい。相互接続ソフトが完成した場合のそのライフタイムや利用効果はどれくらいと想定しているか。
  - (2) CPUは2種類開発するのか。
  - (3) 45nm プロセス等、全体スケジュールの遅延に繋がる要素に対する対処策。
  - (4) 45nm LSIの開発がキーとなるが、開発スケジュールは大丈夫か。スケジュールキープのための施策は。
  - (5) スカラ部のCPUあたりの消費電力は、実現できれば世界の市場をリードできる。一方で目標設定が若干高すぎるという危惧もある。詳細設計がまとまった時点で、仮に実現可能でない場合のフォローアップ対策(下方修正の許容範囲と開発打切りの基準)を明示してほしい。
  - (6) 資料2-6の全体スケジュールにあるファイルシステムについて、資料2-4には項目がないのはなぜか。



5. 海外の研究開発動向について
  - (1) Blue Gene/Q のシステム構成はどう推測しているか。
  
6. システムソフトウェアについて
  - (1) トータルシステムソフトウェアの開発責任体制。
  - (2) グリッドミドルソフトウェアの開発の進捗状況を聞きたい。
  
7. グランドチャレンジアプリケーションについて
  - (1) ソフトウェア開発費のうち 97 億円がグランドチャレンジアプリケーション分だが、その課題ごとの大まかな内訳と主担当は。
  - (2) 中核アプリケーションの開発とそれをグランドチャレンジアプリケーションでのブレークスルーに繋げていくマスタースケジュールは。
  - (3) 上記のうち本スーパーコンピュータPJの責任範囲はどこまでか。
  - (4) グランドチャレンジアプリケーションの開発については、理化学研究所の開発実施本部はどこまで責任をもつか。
  - (5) ハードウェアおよびシステムソフトウェアと比較して、グランドチャレンジアプリケーションの開発体制や開発コストについての論議と評価は充分であったか。
  - (6) 資料 2-1 の 2 頁と 3 頁冒頭にある、ナノテクノロジー分野の記述は、全く乖離しているがこれでよいのか疑問である。
  
8. 本技術の波及効果等について
  - (1) 国内各拠点の制約(設置面積 600m<sup>2</sup> 以下、電力 1.5MW 以下)のなかで、本複合システムが有効な拠点はどの程度有るか。
  - (2) 本 PJ で開発したプロセッサ技術は今後情報家電等の国際競争力に貢献できるか。
  - (3) 必要経費総予算について、民間企業負担を含めた算定がなされているが、この部分の負担と受益の基本的考え方をどのように考えるのか、さらに説明を求めたい。国費によることを基本としながら、「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」としているが、本研究開発は、オールジャパンによる実施が強調されとともに、また現実として、企業の参画が効果的な研究開発の推進に不可欠な要素であると考えられる。したがって、企業のコミットを組み込んだプロジェクト運営が必要である。

- (4) 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として示されたもの(資料 2-3)は、これらの研究開発に実際に取り組むことを現時点で決定しているものではなく、「次世代スーパーコンピュータ及びグランドチャレンジアプリケーションを使用することによりこのようなことが可能になる」として例示されたにすぎないように思われる。これだけのスーパーコンピュータを開発する上では、少数でよいから明確な成果目標、すなわち「現在の技術ではここまでが限界であるが、次世代スーパーコンピュータによりここまで達成することを目指す」ということを設定して進めるべきと考えるが、この点についての文部科学省の見解を聞きたい。
- (5) このシステムが1セットに留まらず、広く使われることが期待できると判断した根拠を説明して貰いたい。また、わが国、および世界で何台程出荷が期待できるか。
- (6) これまでに設計が遅れたことは、技術開発として斬新なものを用いない理由にはならない。時間不足で不十分なものを開発する意義はない。もしそうであれば、今回はトップをあきらめ、次々世代で勝つ等の戦略が必要である。この辺りの判断に対する考えを聞きたい。

## 9. 連携体制等

- (1) スーパーコンピューティング技術産業応用協議会の位置づけが不明確である。理化学研究所を中心とした「開発体制」との「連携」とは何か。幅広いユーザー側のニーズがアプリケーションソフトの開発に反映される体制になっているか。
- (2) 例えば、薬剤開発シミュレーションソフトの開発において、創薬研究者、薬理研究者、臨床研究者等の実験系研究者との融合が果たせる体制にあるのか。
- (3) 全体として、研究開発体制が産官学の協働によるオールジャパン体制というよりも、官中心のものであるという印象をぬぐえない。産官学の有意な発想、技術を生かすことができる効果的なプロジェクト推進体制の必要性と具体的な推進体制について一層の説明を求めたい。

## 補足 2 評価の論点(案)

### 【論点 1】 システム構成の妥当性に係る評価について

複合システムというシステム構成案について、文部科学省は妥当であるとの評価結果を出しているが、作業部会での検討において、複合システム開発の困難性、開発スピード、開発コスト等の観点から、選択の最適性について不明確な点はないか。また、世界のトップであることを確認できる項目として、新たに目標とした HPCC-Award 4 項目で首位を奪取するという目標設定は妥当なものであるといえるか。

### 【論点 2】 目標達成に向けての的確なフォローアップについて

文部科学省による評価においても、いくつかの点について課題を指摘しているところであるが、目標の達成に向けて研究開発の隘路を明確にした上で、十分な対策を講じるとともに、研究開発の進行状況についてのチェックポイントを整理し、的確なフォローアップを実施していくべきではないか。

特に、トータルシステムソフトウェアの開発については、文部科学省の評価において「詳細設計段階で十分な検討を期待する。」としており、適切な時期に作業部会としてしっかりとフォローするべきではないか。

また、開発するシステムの活用により解決すべき実課題を具体的に設定し、そのマスタースケジュールの中での本プロジェクトの位置付けを明確に意識して研究開発を進めるべきではないか。

### 【論点 3】 プロジェクトの推進体制について

本プロジェクトは産学官の協働によるオールジャパン体制で進めることとしているが、官中心という印象が強い。特にシステム開発においては、企業の関与、参加が重要な役割を果たすものと期待される。また、複数企業グループによる連携開発体制が必要である。このことから、プロジェクトを効果的に推進するためには、企業の参画及び連携に関するコミットを組み込んだプロジェクト運営が必要ではないか。

### 【論点 4】 海外との競合への対応について

世界におけるスーパーコンピュータの開発動向は非常に流動的であり、技術開発の進歩は予想以上にテンポが速いことから、世界最高速、最高性能を目指すためには、海外の競合相手の動向に常に目を配りつつ、研究開発目標の妥当性について、適時適切に検討を行い、必要に応じて見直しを行っていくような対応が必要ではないか。

### 補足 3 評価コメント

#### 1. 文部科学省の評価の妥当性に対する意見

##### (1) 評価プロセスの妥当性について

- ・ 「評価項目及び評価の視点又は基準」を設定の上で、研究開発主体者の理化学研究所からのヒアリングも含めた文部科学省の評価プロセスは妥当である。
- ・ 長期にわたり緻密な概念設計を行い、システム性能や消費電力等について大幅に改善する等、革新性のあるものとなっている。スカラ部とベクトル部を共存させたシステムを2企業グループで開発するという複合システムであり、当初イメージとは異なるが、8回にわたる慎重な評価作業が行われ、評価プロセスは妥当であった。
- ・ 文部科学省の評価プロセスでは、計算機科学、ハードウェアアルゴリズム、スーパーコンピュータ運用、LSI、さらに産業経営等の専門家からなる委員会にて、概念設計と代替案の問題点、目標達成の可能性、産業界、学界、社会への波及効果等について複数回にわたりそれぞれの立場から意見を交換し検討している。評価プロセスとしては、一定の水準に達しており妥当なものと考えられる。
- ・ 回数をかけ議論は十分されたと考える。
- ・ プロセス自体に問題は無い。
- ・ 評価プロセスに関する詳細な情報が不足している。評価プロセスでは複合システムに反対意見もあったとの話であったが、評価報告書にはそのような議論の過程が割愛されている。そのため、評価検討会で、文部科学省内部での評価会と同じような質問事項を投げかける場面が多かったのではないかと推察する。

##### (2) 評価結果の妥当性について

- ・ 文部科学省のプロジェクトの目的・目標に照らして、理化学研究所が作成したシステム構成案は適切なものであり、研究開発を進めるべきである、とした評価結果は妥当である。また、10ペタFLOPSの達成目標への柔軟な対応やトータルシステムソフトウェアの一層の検討・取組みが必要とした指摘も妥当である。
- ・ 提案する概念設計は当初の速度性能目標達成可能性において「あり得る一つの形態」と判断され妥当な範囲と考えられる。代替案に比較し性能上大きな差は見られないものの、技術上の波及効果の点で期待がもてる結果となっている。反面運用ソフトウェア等の面で新たな課題もある。

- ・ 2 種類の CPU チップ開発やトータルシステムソフトウェア等、詳細設計段階での検討課題が多く残されているが、概念設計の評価としては妥当である。
- ・ ほぼ妥当であるが、一部、波及性に対する検討が不十分である。
- ・ 複合システムを選んだ論拠は今一つ説得力が弱い。勿論、将来に向けた技術開発の意味はあるが。
- ・ 論点 1, 2, 3 にあがるような問題点については、より詳しい分析が必要であった。
- ・ 現在の計画のプロセッサの性能期待の実現性は類似のプロセッサの性能に比べ高く設定されている。これを実現可能と評価した根拠を示していただきたい。

## 2. 評価の論点に対する意見

### 【論点1】 システム構成の妥当性に係る評価について

- ・ スカラ案及びベクトル案、どちらも CPU 性能が素晴らしく改善し、2012 年に世界市場で下方展開し PC 用チップとして発売しても十分競争力が期待できるところまできている。このように高性能の目標値を設計段階で示せたのは、2 つの案が競争し切磋琢磨した結果と推測する。今後の詳細設計の段階で消費電力を切り詰めれば、両案とも性能が改善する余地があると理化学研究所は説明しており、2 案の優劣をつける段階ではない。理想的には 2 案の詳細設計が決まった後に、消費電力を正確に評価し、現在の性能目標値が下方修正されていないことを確認する検査が必要である。さらに、7 つのベンチマークテストにより消費電力あたりの FLOPS 値を比較すべきである。もし一方の案が他方の案を凌駕するのであれば、複合システムの妥当性は失われる。そうでなければ、大学のスーパーコンピュータセンターでのニーズを再調査して、予算配分を決めるべきである。
- ・ ①汎用性、②拡張性・下方展開性、③技術力の強化と国際競争力の向上等の観点から、複合システムを選択した根拠は妥当であるが、スーパーコンピュータの開発過程で、要素技術の開発を通して情報・通信や家電等の幅広い産業の国際競争力の強化に繋がるなら、国民の理解の観点からも、開発の意義を強調すべきである。また、複合システム開発の困難性やリスクについても十分な検討と認識が必要である。
- ・ HPCC-Award 4 項目の目標設定は妥当と考える。

- ・ 提案された概念設計案(複合系)は当初の定量的速度性能目標の達成の観点では十分な可能性を有すると考えられる。新たな目標の一つ「HPC-Award 4 項目首位」の目標設定は従来のものに比較して妥当性が改善されていると考えられる。一方、相対的「完成時点で世界一」の目標に関しては、ターゲットが常に動いていることに鑑み、適時の目標・規模・資金の見直しが求められる。
- ・ 複合系を選択した妥当性は定量的目標達成の観点では、際立った優位性を持たないものの、その後の技術蓄積面での波及効果(独自複数コア CPU や CPU メモリー結合網等)、半導体産業構造における競争原理の維持と強化、運用面での柔軟性の点で優れた点を有すると考えられる。他方、複合系特有の運用ソフトウェアでの困難も伴い、より大きな開発努力が求められると考えられる。
- ・ 汎用性と計算速度の両立を考えれば、このシステム構成は一定の説得力を持つが、汎用性をどこまで追及すべきかについては議論の残るところとなっている。
- ・ この開発が、情報処理分野に与える波及性は、技術的にはある程度有り得るであろうが、その程度では不十分であって、わが国のこの分野を牽引するような、より力強い波及性を与える工夫に関する検討が必要である。
- ・ 一定程度の技術の波及効果は期待できるが、汎用性と計算速度を重視している結果、CPU チップの再利用等、産業への直接的波及効果は必ずしも十分でない。
- ・ アメリカのスーパーコンピュータプロジェクトでは汎用のプロセッサの活用による高性能化が前提。そうなれば出来たプロセッサはそのままメーカーの競争力に繋がる。プロジェクトで作られたプロセッサの転用は期待できるのか。
- ・ トータルシステムソフトウェアの開発が重要であり、文部科学省作業部会で適宜適切にフォローをしていただく。
- ・ 本当は、ハードの単なる演算速度で世界一を目指すばかりではなく、コンピュータサイエンスとそれをを用いる科学と文化、産業の総合力で世界一となるのが望ましい。その世界一とはなにか、具体的な指標を考案できないか。

## 【論点 2】 プロジェクトの推進体制について

- ・ ハードウェアについてはしっかりと推進体制が組まれているが、ソフトウェアについては貧弱である。文部科学省の評価結果においても、システムソフトウェアの問題点がいくつも提示されている(詳しくは 資料 2-10 (2)システムの機能、(3)システムの運用、に評価結果)。ソフトウェアに問題が多いことを指摘した文部科学省の評価結果は概ね妥当である。しかし、どのような改善をすればよいかという方針が評価結果には出ていないため、問題の解決を遅らせる結果になっている。また「ソフトウェアの設計はハードウェアの設計の後」というスケジュールは緩慢であり、真剣さを感じない。そのため今回の評価検討会でもシステムソフトウェア開発については文部科学省および理化学研究所からは力強い具体的計画は示されなかった。
- ・ 現在の推進体制では、膨大な計算機資源を、極めて少数のユーザーが、グランドチャレンジアプリケーションに特別に利用する状況を仮定している。しかし大学のスーパーコンピュータセンターに下方展開する場合や、市場化して大きなビジネス展開を考えてみたとき、数百～数千のユーザーが数千～数十万のプロセスを同時に実行し、CPU だけでなくファイルシステムにも負荷をかけ、計算資源を奪い合う状況を想定しなければならない。システム全体の効率を上げるには、ミドルウェアと並列ファイルシステムのソフトウェア開発が不可欠であるが、米国に比べ日本の研究は遅れている。研究が進んでいる米国でも 10 万 CPU を超える状況で運用実績があるのは極めて少数であり、市場で販売されている米国製のソフトウェアは比較的小規模な並列システムを対象にしている。
- ・ 京速計算機開発は、ミドルウェアと並列ファイルシステムの革新的ソフトウェアを研究開発する大きな機会になっている。しかるに現在の案ではシステムソフトウェア開発は企業任せの不十分なプランである。理化学研究所が責任を負わなければならない重要な研究開発項目である。たとえば 10 名程度のチームでも優秀な研究開発者が集積すれば、世界を席卷できる可能性がある。研究開発実績のある OS ソフトウェア研究者を、待遇面で破格の配慮をしてでも、国内だけでなく国外からもリクルートすることが必要である。

- ・ ハードウェアシステムの開発推進体制については一定の信頼感を有する。一方、基本／運用ソフトウェア(ミドルウェア等)やグランドチャレンジ応用プログラムとの連携に関して、幾つかの推定部分を含むベンチマークによっている面が大きく、必ずしも具体的全体像が明確とはなっていない。また今回の評価では最終運用での「世界の拠点づくり」の道筋が明確となっていない。完成したスーパーコンピュータをして利用者サポート体制等の充実による「使いやすい開かれたシステム」をめざすのか、専門家集団のための「閉じた COE の中核」ならんとするのかも、不明瞭な点が多い。
- ・ 推進体制について「産官学の密接な連携」「一体的に推進する体制」とされているが、具体的かつ有機的な連携体制の開発が不十分である。システム開発チーム、アプリケーション開発チームにおいて、企業グループの積極的かつ有機的な巻き込み体制が不可欠である。
- ・ メーカー3社をまとめていく強力なリーダーシップが重要。
- ・ 第3期科学技術基本計画のライフサイエンス分野では、「生命プログラム再現科学技術」のもと、多くの政策課題が進行中である。これら技術開発のアウトカムとして医療や創薬等が想定されているものも多い。多くのプログラムを俯瞰できる文部科学省が指導性を持って、アプリケーション開発チームと上記プログラム遂行主体の連携を推進すべきである。
- ・ ①スーパーコンピュータの利用者の分野とそこで用いられるソフトについて広く調査をし、判明した主要ソフトについて、現在計画されているシステムで望むべき性能が出せるかどうか検討する。主要ソフトとしては、特にユーザーの多いソフトを重点とする。②多くのソフトで共通する問題点、特に超並列構成に対する非適合性(100程度の並列化で飽和してしまう等)について、その解決策を提出できる専門チームを立ち上げる。③この推進に当たっては、広く衆知を集める方策をたてる。
- ・ 完成後の活用のためのサポート体制については当初から指摘されているにも関わらず何も検討されていない。これについては文部科学省において主体的に計画を立案すべきである。

### 【論点 3】 グランドチャレンジアプリケーションについて

- ・ グランドチャレンジアプリケーションの 2 領域で世界に冠たる成果や技術的ブレークスルーをいかに創出し、それを社会・経済の変革に繋げていくかの道筋を早急に明確にして欲しい。そのためには、最終ランナーとしての研究者や企業の研究者との十分な議論が必要。



- ・ ハードウェア並びにシステムソフトウェアについては十分な議論が行われ概念設計に活かされているが、どのように利用するかと言う議論が欠乏している。現有の計算機でこれだけの成果が出ているので、10 ペタ FLOPS の計算機があればこんな成果が期待できるという具体的シナリオがない。利用者の説得力あるシナリオとハードウェア技術は、システム概念設計の両輪として機能すべきであるが、今回は単輪しか動いていない。
- ・ 使い勝手のよいシステムであることが重要であり、そのためにも上記最終ユーザーとの早い段階での議論が重要。
- ・ グランドチャレンジアプリケーションでの必要計算速度、あるいは実感できるブレークスルーを生む計算速度については、アルゴリズムとアーキテクチャとの親和性、チューニング等、多くの要素があり、容易に推定できない面がある。しかしこれらをより成功させるには多方面との早い時期からの連携、的確な応用アルゴリズムアドバイザーとの協力が必要であろう。
- ・ ナノテクノロジー・ライフサイエンスの両グランドチャレンジがスーパーコンピュータシステム開発のための附属であってはならない。そのためには、エンドユーザーとなる産業界のニーズの吸収とアプリケーションの利用促進の早期の取組みが重要である(製薬業界等でスーパーコンピュータ利用の気運が感じられないのは、有用なシミュレーションソフトがないことも一因であるが、利用促進の取組みも弱いと考えられる)。
- ・ どのような科学的プレゼンスが出るのかが、わかりにくい。グランドチャレンジアプリケーションの研究者が過去に出した研究実績を資料 2-7 の 18 ページの表で見ると、研究者向けの専門誌での発表が殆どである。一般読者にも分かる科学的インパクト(グランドチャレンジ)を高く評価する科学雑誌での発表が皆無のようである。一般大衆にもわかりやすい科学的成果を出した経験を持ち、大規模並列計算機を使うニーズのある研究者を招聘して利用していただくような道筋を考えてほしい。計算機が一般大衆にまで普及した現在、ニーズから計算機を設計する時代のはずである。理化学研究所はニーズを発掘してほしい。グランドチャレンジアプリケーションの候補を見直してはどうかとを感じる。
- ・ グランドチャレンジアプリケーションにおいて意図されている産学連携体制の構築が明確に設計、開発されていない。特に企業との連携体制を明示すべきである。

- ・ ①現在の分子科学研究所、理化学研究所のチームの多方面にわたる献身的努力に対しては、深く敬意を表す。②上記 2 チームに加えて、日本の大学・研究所の力を結集してグランドチャレンジアプリケーションを推し進めるための方策を、担当省としての文部科学省のリーダーシップで行う。③出来れば、その予算措置を講ずる。現在のスーパーコンピュータ計画は国策として素晴らしい面がある反面、予算がハードに偏りすぎており、ソフト(文化の総合力)があまりに軽視されている。これは、計画そのものにある後進性と見られかねず、残念である。

### 3. その他考慮すべき事項に関する意見

- ・ 研究開発のアウトカムは予定されているが、期待できるアウトカムの産出に向けて、研究開発のライフサイクルにわたって PDCA 機能を果たす有効なメカニズムが具体的に示されていない点に懸念がある。単一の既定のシナリオによる研究開発ではなく、ユーザーの視点に立ったイノベティブな研究開発を可能とする研究推進体制の開発が求められる。その意味で、産業界との密接な連携システムの必要性を強く意識した体制構築が重要である。
- ・ このシステム開発を、今後長期にわたるスーパーコンピュータ開発に繋げてゆくための準備や工夫に対する検討に関して、必ずしも十分とは言い切れず、更なる検討が必要である。
- ・ 日本のコンピュータ戦略があり、その一環としてのスーパーコンピュータ施策があるべきで、そうすれば情報通信や半導体への波及効果は期待できるようになるであろう。
- ・ 限られた時間の中で本プロジェクトに提起された全ての課題を解決しようとしても不可能である。むしろ、この概念設計が終了した段階で、次世代機の開発についての議論を早急に始めるべきだろう。特に、今回十分な議論が行われていない産業界への波及効果や明確なシナリオのある利用技術等について議論を深めることは、日本にスーパーコンピュータ技術を育成・継承する上で大切なことだと考える。
- ・ 「世界一」を目指すためには、この方面のハードと応用ソフトの世界の動向を調査する常設専門チームの設置が望まれる。

## 《参考資料》

- 参考 1 評価専門調査会 名簿
- 参考 2 評価検討会 名簿
- 参考 3 審議経過
- 参考 4 第 1 回評価検討会 文部科学省提出資料
- 参考 5 第 2 回評価検討会 文部科学省提出資料



参考 1 評価専門調査会 名簿

会長	奥村 直樹	総合科学技術会議 議員
	相澤 益男	同
	薬師寺 泰蔵	同
	本庶 佑	同
	庄山 悦彦	同
	原山 優子	同
	郷 通子	同
	金澤 一郎	同
(専門委員)		
	青木 恭介	宮城工業高等専門学校 教授
	伊澤 達夫	NTTエレクトロニクス株式会社 特別顧問
	垣添 忠生	国立がんセンター 名誉総長
	笠見 昭信	株式会社東芝 常任顧問
	加藤 順子	株式会社三菱化学安全科学研究所 リスク評価研究センター センター長
	北澤 宏一	独立行政法人科学技術振興機構 理事
	久保田 弘敏	帝京大学理工学部 教授
	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
	齊藤 忠夫	東京大学 名誉教授
	榊原 清則	慶應義塾大学総合政策学部 教授
	田渕 雪子	株式会社三菱総合研究所 主席研究員
	手柴 貞夫	協和発酵工業株式会社 技術顧問
	中西 友子	東京大学大学院農学生命科学研究科 教授
	古川 勇二	東京農工大学大学院 技術経営研究科 研究科長
	本田 國昭	大阪ガス株式会社技術部門 理事
	陽 捷行	北里大学 副学長
	宮崎 久美子	東京工業大学大学院 イノベーションマネジメント研究科 教授

参考 2 評価検討会 名簿

	奥村	直樹	総合科学技術会議	議員
座長	伊澤	達夫	評価専門調査会	専門委員
	笠見	昭信		同
	小林	麻理		同
	齊藤	忠夫		同
	手柴	貞夫		同
	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	センター長、教授
	天野	吉和	トヨタ自動車株式会社	常勤監査役
	田中	英彦	情報セキュリティ大学院大学 情報セキュリティ研究科	研究科長、教授
	中辻	博	量子化学研究協会	理事長
	森下	真一	東京大学大学院 新領域創成科学研究科	教授

### 参考 3 審議経過

- 3 月 29 日 評価専門調査会  
評価検討会の設置、スケジュールの確認等
- 6 月 21 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  
⇒文部科学省へ追加質問への対応を依頼
- 7 月 6 日 第 2 回評価検討会  
追加ヒアリング、論点整理  
⇒評価コメントに基づいて評価報告書原案を作成
- 8 月 6 日 評価専門調査会  
評価報告書案の検討
- 月 日 総合科学技術会議  
評価報告書案に基づく審議・結論





参考 4 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(説明資料)  
〔資料 2-1〕
- 背景と目指す方向  
〔資料 2-2〕
- 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  
〔資料 2-3〕
- 投入資金  
〔資料 2-4〕
- システム開発経費について 【会議後回収】  
〔資料 2-5〕
- 全体スケジュール(次世代スーパーコンピュータ)  
〔資料 2-6〕
- グランドチャレンジアプリケーションの研究開発について  
〔資料 2-7〕
- 次世代スーパーコンピュータプロジェクトの推進体制  
〔資料 2-8〕
- 次世代スーパーコンピュータ施設の立地について  
〔資料 2-9〕

- 次世代スーパーコンピュータ概念設計評価報告書  
〔資料 2-10〕
- 次世代スーパーコンピュータ概念設計評価報告書 補足説明資料【会議後回収】  
〔資料 2-11〕
- HPC CHALLENGE に関する目標変更について  
〔資料 2-12〕
- ターゲットアプリケーションによる性能評価について  
〔資料 2-13〕
- 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  
〔資料 2-14〕
- システム構成案の概要と検討経緯【会議後回収】  
〔資料 2-15〕
- ハードウェア要件、LSI の論理構成及びシステムソフトウェア概略【会議後回収】  
〔資料 2-16〕
- 海外主要計画との比較  
〔資料 2-17〕

参考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(追加説明資料)  
〔資料2-18〕
- 最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用(追加説明資料)【会議後回収】  
〔資料2-19〕
- ターゲット・アプリケーション実行時の電力性能比【会議後回収】  
〔資料2-20〕
- ナノテクノロジー分野のアウトカム例  
〔資料2-21〕
- 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  
〔資料2-22〕