

「エクサスケール・スーパーコンピュータ開発プロジェクト」  
文部科学省に追加の説明及び追加の資料提出を求める事項  
(第1回評価検討会での質疑及びその後の委員からの要請を基に依頼)

## 追加の説明を求める事項

### (1) 目的と意義 (必要性)

- ① 中国や米国の京規模のスパコンの構成がどのようになっているのか？  
また、予算規模や消費電力はどうか？ それとの比較で自主開発のポスト京の優位性を明確にすべきではないかと思われる。中国の技術力は高くないが、すでに「京」規模のマシンを開発している。中国のスパコンはコモディティ部品で構成していると思われるが、なぜそれではダメで自主開発が必要なのか？
- ② CPU の自主開発については、プロジェクト遂行の要になる点であるため、もう少し時間をかけて説明して欲しい。大型プロジェクトであることを考慮すると、そのメリット・デメリット、軌道修正の可能性やタイミングや方法などについて、より広範囲の人の理解を得るための戦略的な情報発信も必要ではないか。

### (2) 目標設定等の妥当性

- ① 演算性能と電力消費という異なった評価軸をどのようにバランスさせるのか、難しい問題であるが明確にしていきたい。また、信頼性・耐故障性の評価軸についても明確にして欲しい。
- ② エクサスパコン上での実行を想定しているLINPACKと主要アプリにおいて、「汎用部」と「アクセラレータ部」で、それぞれ何FLOPSの実効性能が期待されるのか？
- ③ エクサスパコン計画において、最大消費電力を35MWという制約は厳密なものか？消費電力の目標設定は重要であるが、その強い縛りがアキテクチャ設計の自由度を狭めることにはならないか？
- ④ エクサスパコンの実現に向け、省スペース化が重要な課題と思われる。現行の「京コンピュータ」と同程度のサイズに高密度化できるのか？

### (3) 利活用と効果（有効性）

- ① 具体的にどういった分野、どういった多様なアプリケーションに対しエクサスパコンで計算をしたいのかを明確にし、アーキテクチャの設計をしていくべきである。どういったアプリケーションをターゲットとし、どのようなベンチマークを設定しようとしているのか？
  
- ② アプリケーションについて幾つかの事例が挙げられているが、どのようなニーズがあるかについての市場調査はしたのか？実際に「京」を使っている人は具体的にどこに限界を感じているのか？必要とされるスペックは何か？
  
- ③ エクサスパコンで開発する個別の新規技術の他分野への波及効果として、どのようなものが期待されると考えているのか？
  
- ④ 産業応用について追加資料をお願いしたい。エクサの開発・利用によりどのように産業競争力が強化されるのかを説明する資料を出してほしい。
  
- ⑤ キャパビリティ、アンサンブル、ビッグデータという3つのコンピューティングの各々に対してインパクトのあるアプリケーションが何か分かりにくい。もう少し分かりやすく纏めて提出してほしい。
  
- ⑥ アプリケーションの中で今解けない問題のボトルネックが、計算機のスピードなのか、アルゴリズムなのか、データ不足なのか、混在して記載されているので纏めなおしてほしい。
  
- ⑦ 「京以前」「京」「エクサスパコン」のそれぞれの段階における、解決すべき課題とその結果を比較できるような資料を提出いただきたい。  
(「京」でできなくて「エクサスパコン」で何ができるようになるかをもう少し分かりやすく纏めなおした資料)
  
- ⑧ 「京」と「エクサスパコン」の仕様で連続性がある部分と非連続な部分を比較できるような資料を提出いただきたい。
  
- ⑨ 「地球シミュレータ」や「京」を利用した極めてインパクトのある学術論文にどのようなものがあるか？それらがどのように学術に革新をもたらしたか？

- ⑩ 様々な利用分野での様々なアプリが例示されているが、「京」をフル活用（全ノードを利用している）しているアプリを示していただきたい。資料にあるアプリの例では通常のスパコンでも十分対応できるものが多いように思われる。どの程度のサイズのノードを使用しているアプリがどの程度存在するのか、アプリの実行時間の統計データなども教えていただきたい。
- ⑪ 今回、ハード研究者、システムソフト研究者、アプリ研究者でのCo-design体制が取られようとしている。大学におけるコンピュータシステム関連の教育の中で、この3者のCo-design教育をしっかりとやる必要があると考えられる。大学の情報基盤センターとの協力や大学院教育への関わりについて、現状と将来構想を教えていただきたい。
- ⑫ 日本全体のシミュレーションの底上げのために、エクサスパコンの成果の商用展開は重要な課題である。京コンピュータ(FX-10)が国内外の数力所の機関にしか普及していない現状を踏まえ、エクサ計画の成果の普及・社会実装(エクサスパコンのスケールモデルの商用展開)についてどのように考えているのか？
- ⑬ 国家基幹技術に係る人材育成の観点から、「京」の開発によって、その中心部分の設計に携わることのできる人材(アーキテクト)はどのくらいの人材になったのか？また、新システムの開発にあたって、さらにどの程度の人材の育成・創出を目指すのか？
- ⑭ 「国内の総計算能力」という考え方は、全国の計算基盤センターや「京」との連携やスパコン全体としての方策を明確化する上で有効であると感じる。2020年に置いて、国内の総計算能力としてどれくらいを目標とするのか、という観点での議論はされているか？
- ⑮ 「京」の HPCI 戦略 5 分野について、1. 「京」の事前評価時点(つまり 7 年前頃) 2. 「京」が運用された現時点(つまり 2013 年) 3. 「エクサスパコン」が運用された時点(つまり 2020 年頃)、各時点でのスパコンへの期待、スパコンの役割、スパコンの課題解決能力、波及効果等を一覽に纏めて提出いただきたい。  
例えば、「京」において、そのレベルでは未到達な部分があると想定されるので、その先のエクサスケールを目指したいという論理的な説明が幾分不明瞭かつ不十分との印象である。

- ⑩科学技術の円滑な進歩には、理論、実験(実測)、シミュレーションという 3 方法がバランス良く貢献する仕組みが必須である。例えば、SPring-8 & XFEL と「京」の連携等はその典型である。将来、エクサスパコンの貢献が期待される 2020 年頃の最先端計測大型施設(放射光施設、NMR 施設、中性子等施設、宇宙ステーション等)はどのような環境下で運用(実測レベル等)されていることを想定しているかについて提示いただきたい。
- 例えば、莫大なデータの高速処理への期待、極限下での実測に先行するシミュレーションへの期待等が 2020 年に要求される可能性があるならば、エクサスパコン開発の意義は高いであろう。
- ⑪2020 年頃の社会の姿を想定した上で必要なアプリケーションを明確にすることが重要と考えられるが、こうした観点からどのような検討がなされているか？
- ⑫現在進行中のエクサスパコンのシステム設計研究(FS 研究)において、1) メニーコアスカラーCPU 型、2)ベクトル CPU 型、3)スカラーCPU+アクセラレータ型の 3 つの評価が進められているが、今回資料で示された 3)だけでなく、1)と 2)についてもエクサスケール計算機の実現可能性とその課題(費用、サイズ、消費電力、アプリから見た使い易さなど)について 1)、2)、3)を比較する形で説明する資料を提出いただきたい。
- ⑬2019 年頃のエクサスパコンに向けての海外の動向(メニーコアでいくのか、アクセラレータが優位なのかなど見込み)についてレビューした資料を提出いただきたい。
- ⑭研究者の評価はどのようになされているのか。アプリケーションごとに被引用数や、インパクトファクターの大きい論文の著名なジャーナルへの掲載数を纏めた資料を提出いただきたい。

#### (4)実施内容および工程表の妥当性

- ①CPUの自主開発におけるブレークスルーは何か？
- ②アーキテクチャにスケーラビリティを確保するアプローチもあろうが、これに関して何か検討をしているのか？不採用とするならばその根拠は？

- ③ 本プロジェクトに係わる知的財産・国際標準の創出・管理・運用に関する方針や戦略は検討されているのか？ すでに検討されていればその内容、まだであればその検討計画はどうなっているのか？
- ④ システムのアーキテクチャ設計において、汎用部と演算加速部の構成割合を決定することは、システムが所期の演算性能目標を達成できるかどうかの核心部分であり、ベンチマーク群の選定や最大消費電力等の制約に依存した、非線形の多目的最適化問題になると推察される。 その設計にあたって、複雑な最適設計のための具体的な方法論は何か？ また、新システムの最適設計にあたって、「京」を活用することはあるのか？
- ⑤ 新システムの開発・製造と並行して、現在の「京」はいつまで運用されるのか？ 新システムの建屋等の建設はいつから始まるのか？ それに伴い「京」の運用停止はあるのか？ また、その際に、それまでの計算ニーズは何所がどのように吸収するのか等の観点を、新システムの開発スケジュールに併記して頂きたい。
- ⑥ 国際的な観点から見た場合に、各プロジェクトが同じ目標に向けて同じアプローチをとっているように見える。 そのような協調関係が重要なのか、あるいは独自技術を出して特定の方面で突出することが重要なのか。 プロジェクト終了時に国際的な場では、どのような貢献が期待されるか（何を目指しているのか）、 もしスパコンの世界での合意や日本独自の戦略があるなら教えて欲しい。
- ⑦ 開発・製造に関するスケジュールは資料に示されているが、これ以外の作業事項、例えば「システム運用環境の構築」「人材の教育・育成」「プロジェクト評価（開発成果物の評価ではない）」などのスケジュール計画を示す資料を提出いただきたい。

#### (5) マネジメント体制の妥当性

- ① 設計開発の基本方針として「Co-design」が強調されているが、資料では方針を述べるに留まっている。 これを実効性のあるものとするための具体的な施策、仕組み、開発プロセスは検討されているのか？
- ② ハードのCo-designを考える際、アプリにハードをどのように適合させるかの具体的な考え方（汎用部とアクセラレータ部の構成比を変える以外に）

に関する説明をお願いしたい。

- ③Co-designの考え方はこれまでのスパコン開発において十分配慮されており、京コンピュータの開発でも21本のグランドアプリを対象としてマシンの基本設計が行われた。これに対し、エクサスパコンの開発計画で強調するCo-designの思想は、従来とは何が違う(新しい)のか？