

総合科学技術会議 評価専門調査会
「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」
評価検討会（第1回）
議事概要

日 時：平成25年10月10日（木）14：59～17：34

場 所：中央合同庁舎第4号館 共用第4特別会議室（4階）

出席者：久間議員、原山議員、相澤委員、白井委員、高井委員、富田委員、
西島委員、古村委員

欠席者：射場委員、木槻委員

事務局：森本審議官、田中参事官、井上企画官、山向補佐、大井研修員

説明者：下間参事官（文部科学省研究振興局）

川口室長（文部科学省研究振興局計算科学技術推進室）

平尾機構長（理化学研究所計算科学機構）

米澤副機構長（理化学研究所計算科学機構）

石川チームリーダー（理化学研究所計算科学機構システムソフトウェア研究チーム）

佐藤チームリーダー（理化学研究所計算科学機構プログラミング環境研究チーム）

富田チームリーダー（理化学研究所計算科学機構複合系気候科学研究チーム）

牧野チームリーダー（理化学研究所計算科学機構粒子系シミュレーション研究チーム）

- 議 事：1. 開会
2. 評価検討会の調査・検討の進め方について
3. 研究開発概要の説明と質疑応答
4. 討議
5. 閉会

（配布資料）

資料1 平成26年度予算要求に係る「国家的に重要な研究開発の事前評価」について

（参考1） 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について

- 資料 2 「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」の評価について（案）
- 資料 3 評価検討会運営要領（案）
- 資料 4 「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」に係る評価の視点（案）
- 資料 5 大規模研究開発事前評価説明資料「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）
- （参考 1） 今後の H P C I 技術に関する報告書（平成 2 4 年 2 月）
- （参考 2） 今後の H P C I 計画推進のあり方に関する検討ワーキンググループの中間報告について（平成 2 5 年 7 月）
- （参考 3） H P C I 計画推進委員会 今後の H P C I 計画推進のあり方に関する検討ワーキンググループ システム検討サブワーキンググループ報告書要旨（平成 2 5 年 8 月）
- 資料 6 「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」事前評価報告書（文部科学省）
- 参考資料 1 過去に行った国家的に重要な研究開発の事前評価結果の例（抜粋）
- 参考資料 2 評価専門調査会（9 月 5 日）における指摘事項（「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」関連分の抜粋）

（机上資料）

科学技術基本計画（平成 2 3 年 8 月 1 9 日 閣議決定）

国の研究開発評価に関する大綱的指針（平成 2 4 年 1 2 月 6 日）

【事務局】 ただいまから「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」評価検討会第 1 回を開会させていただきます。

冒頭に配布資料の確認をさせていただきます。お配りしております議事次第の真ん中から裏面にかけて、配布資料のリストをおつけしております。資料 1 に参考 1 がついておりますのと、資料 5 の参考 1 から 4 といったもの、資料 5 は文部科学省の説明資料でございますが、これに文部科学省から持込みの附属資料が大部になっております。それから、別途、参考資料 1、参考資料 2 というものがございます。これは私どもでご用意させていただいたものです。それから、机上資料として科学技術基本計画と、国の研究開発評価に関する大綱的指針の冊子をご用意させていただいております。

資料の過不足等はございませんでしょうか。

よろしければ、引き続きまして、今回の評価検討会の位置づけについてご説

明をさせていただきます。資料1をごらんください。こちらの資料は、去る9月5日の総合科学技術会議評価専門会におきましてご承認をいただいた資料です。

1. にございますとおり、平成17年の総合科学技術会議の決定に基づきまして、国費総額が約300億円以上の研究開発については、事前評価を行うということでございます。

今回、対象となる案件でございますが、今般、各府省から平成26年度予算の概要要求が提出されました。これに伴って、対象となる新規の研究開発の事前評価を実施し、また、政府予算の編成にも反映させていくべく評価を行うということで、評価専門調査会で調査・検討を行い、最終的には総合科学技術会議本会議で決定させていただくということでございます。

また、評価専門調査会の調査・検討にあたりましては、2. にございますとおり、評価検討会を設置して、事前評価を行うということについてご承認をいただいたところでございます。

また、検討会のメンバーにつきましては、評価専門調査会長が専門調査会の議員・専門委員並びに専門調査会以外の外部の専門家・有識者の方々を指名し、選定するといった運びで、今般、委員の皆様にお集まりいただいたという経緯でございます。

それから、補足でございますが、9月5日の評価専門調査会におきまして、エクサスケール・スーパーコンピュータの開発プロジェクトについて、概略ご説明いただいて、評価専門調査会の議員・専門委員の方々にディスカッションいただいております。資料の一番最後に、参考資料2として「評価専門調査会（9月5日）における指摘事項」という一枚紙をお配りしておりますが、その評価専門調査会でのご議論の中で伺ったご意見等を簡単にリストアップさせていただきます。

本日の議論は、資料4の評価の視点（案）に基づいて今後ご検討いただくということで、後ほどこれを事務局からご説明させていただきますが、その中に評価専門調査会でのご議論も反映させております。

本日の評価検討会の座長につきましては、白井専門委員にお願いしております。この後の議事進行につきましては、白井座長にお願いいたします。

【座長】 このたび座長を仰せつかりました横河電機、白井と申します。どうぞよろしく願いいたします。

では、ただいまより第1回の評価検討会を進めさせていただきます。

ただいま事務局からご説明ありまして、この検討会は文科省の事業「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」についての評価、

また、その検討・調査を行うために開催いたしました。本日は、大変お忙しい中、皆様にご参集いただきまして、ありがとうございます。大変急な中でお集まりいただいて、大変ご迷惑をおかけしておりますが、厚く御礼申し上げます。

それでは、早速ですけれども、きょうが初めての検討会になりますので、事務局から出席者の方々をご紹介させていただきたいと思えます。

【事務局】 それでは、まず委員の皆様をご紹介させていただきます。

改めまして、座長をお願いしております総合科学技術会議、白井専門委員でございます。

同じく久間評価専門調査会長でございます。

同じく原山議員でございます。

同じく相澤専門委員でございます。

また、外部の専門家・有識者として、今回お招きしております委員の皆様を順次ご紹介させていただきます。

まず、北海道大学情報基盤センター長・教授であります高井先生でございます。

次に、京都大学物質－細胞統合システム拠点特定拠点教授・事務部門長であります富田先生でございます。

持田製薬株式会社医薬開発本部専任主事であります西島先生でございます。

東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター教授であります古村先生でございます。

なお、本日も出席の先生以外に射場専門委員にも委員をお願いしておりますが、本日は所用によりご欠席でございます。

また、外部の専門家として、三菱電機株式会社開発業務部長であります木槻部長様にもご参画いただくこととしておりますが、本日はご欠席でございます。

続きまして、事務局を紹介させていただきます。

評価担当の審議官、森本でございます。

共通基盤技術担当参事官の田中でございます。

私、評価担当企画官の井上でございます。よろしく願いいたします。

【座長】 ありがとうございます。

それでは、大変込み入った内容になっておりますので、検討会の進め方、これも事務局から説明いただきます。よろしく願いします。

【事務局】

お配りしております資料2をごらんいただけますでしょうか。「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」の評価について（案）でございます。

まず、評価対象となるのは、「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)でございます。この後、文部科学省から詳細な説明がございますので、概要は資料のとおりということでご確認いただければと思います。

裏の2ページでございますが、3.の調査・検討項目についてでございます。従来より、事前評価については、こちらに記載しておりますようなA.からE.までの5つの項目、こういった観点を中心に調査・検討を行い、評価を行うという形になっております。また、これを踏まえて、後ほど本件に関する評価の視点をより詳しくご説明させていただきますが、社会・経済上の意義、科学技術上の意義、国際関係上の意義、目的・効果であるとか、あるいは、計画の妥当性、運営等の妥当性等の観点について調査・検討を行うというものでございます。

また、検討スケジュールにつきましては、10月10日、本日でございますが、4.に書いてあるとおり、文部科学省に後ほど入室いただきまして、プロジェクトの内容を説明していただき、質疑応答を行いたいと考えております。また、事務局において作成いたしました評価の視点(案)についてご確認いただき、そういった観点からの評価についてご議論いただきたいと思いますと思っております。

また、本日この検討会の後、追加質問あるいは追加意見といったものをお願いしようと考えております。「追加質問票」と「意見票」を配布しておりますが、別途、電子ファイルで様式をお送りいたしますので、そちらで送っていただければと思います。後ほど詳しくご説明いたしますが、実務の都合上、来週15日、17日といった締切りで考えておりますので、ちょっとタイトになりますが、よろしく願いいたします。

第2回の検討会につきましては、10月30日を予定してございます。追加質問事項に対する追加ヒアリングを行うということに加えて、本日のご議論と追加意見を踏まえて、事務局で論点テーマを作成いただきまして、調査検討結果のとりまとめに向けたご議論をいただこうと考えております。

11月20日に次回の評価専門調査会を予定しておりますので、そこで評価結果(案)についてのご検討をいただくと。その後に本会議で決定といったスケジュールで考えております。

引き続きまして、資料3をごらんいただきたいと思います。本検討会の運営要領でございます。

従前からのCSTPの評価専調における評価検討会にならって、運営要領(案)を作成しておりますので、内容をご確認いただき、よろしければご承認いただければと思っております。

第二条にございますとおり、座長が代理者を指名できること。第三条にござ

いますとおり、代理出席者は不可ということですが、書面により意見を提出できるといったことが書いてございます。

また、重要なポイントといたしまして、第五条をごらんいただきたいと思いますが、審議の内容、資料につきましては、非公開が望ましい情報を含むといった趣旨から、本評価検討会は非公開とさせていただきます。ただ、会議資料については、公表に適さないと判断された部分を除いて公表するという形にしております。

また、議事概要につきましては、非公表情報、あるいは、氏名を除いて公表すると、こういった形になっております。

こういった運営要領に従って評価検討会を進めていただければと考えております。

【座長】 ありがとうございます。

ただいま事務局から説明がありましたように、繰り返しになりますけれども、本検討会の運営に関しては、検討会の評価者の自由な発言を確保するために非公開となっております。

それから、会議資料は、原則として公表いたします。ただし、公表に適さない部分については非公表という扱いになります。

それから、議事概要については、非公表情報と氏名を除いて公表といたします。

以上をご承認いただきたいと思いますが、よろしゅうございますか。

ありがとうございます。では、そういった形式で評価検討会を進めさせていただきますと思います。

それでは、本題であります「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」の検討を始めさせていただきますと思います。

まず最初に、先ほど事務局からもありましたように、評価に係る調査・検討を進める上での視点というまとめをしてもらっていますので、これを事務局からご説明いただき、その後議論に入りたいと思います。よろしく申し上げます。

【事務局】 それでは、資料4の「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」に係る評価の視点（案）について説明させていただきます。

これは、先ほどご紹介しました資料2の裏側の3. 調査・検討項目に記載されておりますA. からE. の内容をエクサ・スパコンにブレイクダウンする形で作成したものでございます。目的、目標、計画の妥当性、運営についてそれぞれ、視点1から5の形でまとめております。

まず、視点1ですが、これはプロジェクトの目的と意義ということで、評価の一番根幹に相当するものです。

(1) では、エクサスケール・スーパーコンピュータを開発することの必要

性が、経済・社会的に見て明確になされているかということに記載してまいります。

(2)には、国費を投入してエクサスケール・スーパーコンピュータを開発することの根拠が明確に示されているかということに記載してまいります。

(3)では、核となる技術、特にスパコンではプロセッサのところは核になってくると思いますが、そこら辺の技術について自主開発を行うとなっておりますが、自主開発を行うことの必要性が十分に示されているか、外部調達することとの違いが明らかになっているかという視点を記載してまいります。

続きまして、視点2としまして、目標についての妥当性について記載してまいります。

(1)は演算性能に関する目標についての視点でございます。文部科学省からは、演算性能として1エクサフリップス級、達成時期として平成31年と、それぞれ挙がっておりますが、これが妥当なものと言えるかということを書いてまいります。

(2)には、演算性能以外の目標について記載しております。例えば必要なソフトウェアが選定されているか、コストパフォーマンス、消費電力、あるいは信頼性、こういった性能に関して適切な目標設定がなされているかということでございます。

続きまして(3)、(4)、(5)では、(1)、(2)に書いております目標設定を、様々な切り口から見て適切な設定になっているかということに記載してまいります。

(3)では、主要な産業・経済面、あるいは、科学技術の面で課題を解決するという形で、どういう性能が求められるかという観点から見て適切な目標になっているかということを書いてまいります。

(4)は国際的なベンチマークから見た場合、外国製スパコンプロジェクトと比較して適切な目標になっているか。

(5)は、ユーザーサイドから見ての視点でございます。「京」の評価時にも議論になりましたが、例えばスーパーコンピュータの使いやすさ、本当に使いやすいものになっているかということに関して、適切な目標設定が行われているかというような視点でございます。

(6)では、アウトカム指標、つまり、アプリケーションとして実際にスパコンを使うことでどのような効果が得られるかということに基づいた目標設定が適切に行われているかという視点で書いてまいります。

(7)は投資規模についての視点でございます。本プロジェクトへの投資額は妥当なものと言えるか。すなわち、海外の類似のスパコンのプロジェクトと比較した場合に、その投資金額は妥当なものと言えるかということに関する視

点で書いてございます。

次に、視点3は利活用と効果ということで記載してございます。

(1) に関しましては、開発するスーパーコンピュータは、どのような課題に対応したもので、どういったところに活用して、どのような効果をもたらすことが期待されるのかということを考えておられるかということで書いてございます。

(2) としましては、産業界、特に我が国の産業競争力強化に活用されることが有効と考えられますが、それによる効果が広く波及するような開発内容になっているかということ視点として書いてございます。

(3) では、現在「京」を中核として進められているH P C Iについての視点を記載しております。すなわち、今回開発するエクサに関して、国内にある他のスーパーコンピュータとネットワークでつないで、一体的な活用を考えられるような体制についてどのような検討がなされているかというような視点で書いてございます。

(4) では人材育成について記載しております。「京」の評価時にも同じような議論が出てきましたが、ソフトウェア、ハードウェア、運用、ユーザーサポートを含めた幅広い分野で、スーパーコンピューティング分野における人材育成が重要だと考えられます。本エクサ・スパコンの開発プロジェクトを通じて、人材育成についてどのような促進を図るかということが明確になっているかという視点で書いてございます。

(5) としまして効果の一つとして波及効果でございます。開発した技術は汎用性がある、エクサ・スパコンだけではなく、我が国のスーパーコンピューティング技術の向上、いろいろなスーパーコンピュータに適応するものになっているかどうか、あるいは、コンピュータ以外にも、情報システム等に幅広く適用できるものになっているかというような視点で書いてございます。

視点4は、開発で実施する内容、ロードマップ、工程表の妥当性という観点で書いてございます。

(1) としまして、エクサ・スパコンで考えておりますシステムの全体構成、例えば、今回はプロセッサに加速部を含んだ構成を考えておりますが、加速部を含んだアーキテクチャの採用が妥当と言えるか等の視点について書いてございます。

(2) は、開発で実施する内容、ロードマップの内容がきちんと具体化されているか、特に目標達成に向けての有効性とか実現可能性の観点から見て、内容は妥当なものになっているか、あるいは、ロードマップの各所に適切なマイルストーンが設けられているかというような観点で書いてございます。

(3) は目標達成に向けてのアプローチ方法についての視点でございます。アプローチ方法は複数あるかと思いますが、これらを比較検証して、現在計画されている最適なものにきちんと落とし込んでいるか、そういう検討がなされているかという観点で書いてございます。

(4) としまして、本件の前身のプロジェクトである「京」の開発で培った技術・経験・人材等の資産が十分活かされると判断できるか、あるいは、「京」の開発で形成した研究教育拠点がエクサ・スパコンの開発において今後どう活かされていくのかということを書いてございます。

(5) としまして、9月5日の評価専門調査会の際にも話題に上がりましたが、「京」では十分行われていなかった設計段階からスケーラビリティ（機能拡張性）を考慮した開発をすることの必要性はどうかということを書いてございます。

視点5としまして、マネジメント体制の妥当性ということを書いてございます。

(1) としまして、プロジェクト全体のマネジメントの責任体制、あるいは、ハードウェア、ソフトウェア開発の各領域の責任主体がきちんと示されて、それぞれの主体が責任を持って開発を進められるような実効あるマネジメント体制がきちんと想定されていると言えるかという視点で書いてございます。

(2) には協調設計のことを書いてあります。ハードウェアとソフトウェアの協調設計を進める上で、実質的な連携を確保するためにどのような体制が構築されようとしているのか、協調設計することでどのような効果が期待されるかということを書いてございます。

最後に(3)としまして、プロジェクトを進めていく上で、進捗に応じて適切に内容を見直すような外部評価体制の確保も含めた評価の実施方法は、どのような想定がなされているかというような観点で書いてございます。

以上が視点1から5の説明です。

【事務局】 少し補足をさせていただきます。

今回ご説明させていただきました評価の視点(案)は、あくまで事務局からお示ししているたたき台でございますので、これに追加すべき視点があるかどうかといったこと、また、視点の中でも特にここを重要視すべきだとか、これは今はいいのではないとか、そういったプライオリティ、重要度といったものについてもご斟酌の上、今後ご意見等を賜ればと思っております。特に視点4の内容など、今後プロジェクトを進める中で結論が出てくるような性質のものも含めて、かなり前広に書いているところもでございますので、そういった観点からの視点そのものについてのご意見もいただければと考えております。

以上でございます。

【座長】 ありがとうございます。

ただいま説明ありましたように、視点の議論はこれをベースにして、これから議論してまいりますので、内容については今は控えさせていただきますけれども、今の事務局からの説明全体に対してご質問なり特段ございましたら、今挙げていただきたいと思います。

どうぞ。

【委員】 今の説明と関係ないのですけれども、第1回目なので確認したいのですが、スパコン「京」というのはこれに相当する事前評価はやられたのでしょうか。

【事務局】 平成17年度に「京」のスーパーコンピュータについての事前評価を行っております。また、その事前評価の中で翌年度しっかりフォローアップしなさいということと、システムの設計が終了後に再度評価を行うべきといった評価結果となっております。それを踏まえて、平成19年度におきましてもCSTPにおいて評価を行っている、こういった経緯がございます。

【委員】 とうか、これと同等のレベルのエクサスケールが立ち上がるというときと同じに、スパコン「京」の立ち上がりが平成17年度に行われているということは、その事前評価レベルから見ると8年間計画しているということですね。

【事務局】 そうです。

【委員】 わかりました。ということは、このレベルのスパコンを考えると、8年間ぐらいの寿命の中で更新しているとうか、どう言ったらいいのでしょうか、そういうようなタイムスケール概念はあるのでしょうか。ですよね。

【事務局】 「京」の供用については、今後、エクサスパコンの開発・整備も含めてリプレイスということが想定されたございまして、8年というのが正確なタイムスケール感としてどうかというところはわかりませんが、継続的な開発と整備を行うという前提の下で、開発に必要な期間等を踏まえて、おむねそういったスパンで動いていると理解しております。

【座長】 よろしいでしょうか。ほかに何か特段のご質問ございませんでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、これから文部科学省から今回のプロジェクトの内容の説明をいただきたいと思います。

(文部科学省 入室)

【文部科学省】 それでは、資料5に基づきまして、「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」(仮称)についての内容を説明させていただきますので、よろしくお願いたします。

最初に、皆様よくご存じのことかと思いますが、昨夜、ノーベル化学賞が発表されました。本年の受賞テーマはタンパク質のような巨大な分子の化学反応をコンピュータを使って効率よく計算する手法ということで、カープラス博士ら3人が受賞したということでございます。このように、計算科学あるいはコンピュータシミュレーションがノーベル賞の受賞対象になったのは初めてでございます。シミュレーションは、理論、実験と並ぶ第三の研究手法としてこれまで発展を遂げてきたわけでございますが、このたびノーベル賞の世界でも認められることとなったということございまして、これを契機に今後、計算科学、シミュレーションの分野でのノーベル賞受賞が増えていくのではないかと我々も考えております。

そういった中で、我が国は以前から計算科学の重要性に着目しておりまして、長年にわたり世界最高水準のスーパーコンピュータの開発に取り組んできたところでございます。90年代に数値風洞を開発しまして、その後、CP-PACS、地球シミュレータ、そして「京」というふうに次々と開発を成功させてまいりました。「京」については、昨年9月に共用を開始しまして、およそ1年ということになるわけですが、現在、高い稼働率の下で多くの、1,000人以上の研究者が利用し、優れた成果を生み出しつつあるところでございます。

2ページ目にその成果の一部を載せてございますが、これは総合科学技術会議でも紹介させていただいたものでございます。左側は分子レベルの筋肉の運動から心臓全体の働きをシミュレートする。これは実際に動画で動いたりします。あるいは、右のほうであれば、地震及び津波のシミュレーションを高精度に実施するなど、高い計算性能を活かした成果が出てきているという状況でございます。

このような「京」の成功を受けて、文部科学省としてもポスト「京」というべき次のスーパーコンピュータ開発に向けた検討を進めてきたところでございます。その概要につきましては3ページに記載させていただいております。まず、技術的事項の検討として、3ページの左上にあるとおり平成23年4月から始まっております。

その後、重要なものとして平成24年度から始まった、左下にある将来のHPCIシステムのあり方の調査研究、我々はこれを「FS」と呼ばせていただいておりますが、これを実施して2年目に入っているところでございます。これは公募によりシステム設計研究チームを3つと、アプリケーションソフトウェアチーム1つを選定しております。

システム設計研究チームは、下に書いてありますとおり、東大、筑波、東北大学がそれぞれ主管となって、アプリケーションのほうは理化学研究所が主管

となっております。この検討の中で、5～10年後の我が国のHPCIシステムに必要な技術的知見の獲得ということを行っておりまして、ここで得られている成果が今回提案しているエクサスパコンにつながっているということでございます。

一方、政策に関する検討としましては、右のほうに移りまして、平成24年2月から今後のHPCI計画推進のあり方に関する検討WGを開催いたしまして、本年6月25日に中間報告をとりまとめて、2020年ごろまでにエクサスケールコンピューティングの実現を目指すことが適当と結論づけたところでございます。

それを受けて、下のほうになりますが、このWGの下にシステム検討サブWGをつくりまして、ここでフラッグシップシステム、いわゆるエクサスケールのマシンですが、その具体的な方向性の検討を、開発主体候補である理化学研究所からヒアリングを行いながら、実施しました。理化学研究所としては、先ほど申し上げたとおり、FSの成果についてそれぞれ関係機関又はこれに関与しているメーカーからもヒアリングを実施して、その報告書要旨が8月30日に公表されたという状況でございます。

次に、4ページに移りまして、プロジェクトの目的、国として取り組む意義・必要性について説明させていただきます。

目的としては、第四期科学技術基本計画で、国家基幹技術として位置づけられている世界最高水準のスーパーコンピュータを国として戦略的に開発・整備し、社会的・科学的課題の解決を先導し、科学技術の振興、産業競争力の強化、安心・安全の国づくり等に貢献することを目的にしております。

この目的を達成するために、2020年ごろまでに演算性能1エクサフロップス（「京」の約100倍）レベルのスーパーコンピュータ、これを今後は「ポスト「京」」と呼ばせていただきますが、これを開発・整備するとともに、ポスト「京」を最大限活用するためのアプリケーションを開発したいと思っております。

その際、「京」の開発で培った我が国の技術の継承、あるいは、システムソフトウェアやアプリケーションの開発、人材育成といった要素を考慮しますと、自主開発することに利点があるということでございますので、プロセッサ等の中核となる技術については新たに自主開発することを基本方針とするとともに、ハードウェアとアプリケーションについては、協調して設計するCo-designを推進していくことを一つのポイントとして置かせていただいております。

次に、必要性、国として取り組む意義がいろいろ書いてありますが、基本的に最先端のスーパーコンピュータは演算性能が桁レベルで飛躍するというところで、人類が経験したことのない先端的成果を実現する研究開発基盤である、あ

るいは、産業競争力の強化や国家の存立基盤の維持という点からも重要なツールであるということ。そして、こういうものを使うことによって異分野や、産学官の連携が促進されたり、あるいは、ビッグデータの処理・解析が行われることによって新たなイノベーションが行われる。

そういう意味からもスーパーコンピュータの重要性は今後ますます高まっていくものと考えております。こういったものを我が国が開発することは、国内産業へ様々な波及効果を及ぼすということもございませし、重要技術を国内に維持するという点で、国家の総合的安全保障にも影響するものと思っております。

我が国は、「京」などいろいろなスーパーコンピュータの開発の経験を通じまして、今なおスーパーコンピュータを自主開発できる能力を保有している。これまではそれを持っていたのは我が国とアメリカで、最近では中国がその能力を得ようとしている。そういった自主開発できる能力を持っている国は限られているわけですが、もし国として最先端のスパコンの開発を行わなくなるということは、国際的な開発競争の中で頭脳流出はもとより、将来のスーパーコンピュータ開発を担う人材の枯渇を招くおそれがあると考えております。

また、国際的にも、米中欧をはじめとして2020年ごろにはエクサスケールコンピューティングの実現を目指した研究開発に取り組んでいるところでございます。

このように、最先端のスーパーコンピュータは、国家の競争力の源泉、国力を象徴する技術であるので、国として本プロジェクトに主導的に取り組む意義・必要性は十分にあると考えております。

次に、5ページに移りまして、ポスト「京」の国家的位置づけということですが、これはほぼ同じようなことが書いてあるので、結論だけを改めて述べさせていただきますと、ポスト「京」及びそれを最大限活用するアプリケーションは、「国家安全保障・基幹技術」に位置づけられている「革新的ハイパフォーマンスコンピューティング技術」であり、国として責任を持って開発する必要があるということでございます。

では、そういう位置づけの下で、ポスト「京」をどういうシステムとして開発していくのかということのを、6ページ以降で説明させていただきます。

6ページでございますが、我々としては、社会的・科学的課題解決ということに非常に重きを置いているわけですが、そのためのスーパーコンピュータはどのようなものかということ design 指針としてまとめさせていただきます。

まず1つ目は、計算科学ロードマップに基づくマシン設計。計算科学ロードマップというのはどのようなものかということでございますが、先ほど平成24年度から我々はフェージビリティ・スタディ（FS）をやっていると説明しま

したが、アプリケーションのF Sの中では社会的・科学的課題、これが計算科学によって解いていく課題はどういうものかということピックアップしまして、それを解くために必要とする計算資源量をまとめておりますが、参考資料4にその概要を用意させていただいております。

このロードマップで多くの課題がピックアップされておりますが、それをカテゴライズしたところ、まず1つは大規模、精密、長時間発展といったcapability computing、要するに大規模の計算を解くために、「京」で言えば8万ノード、つまりすべての計算資源をまとめて使わないと動かないプログラムという解き方もございます。

ほかのもので言えば、複雑な現象を対象とするensemble computing、これは気象や気候のシミュレーションだと不確定な要素がございますので、初期値をいろいろ用意して、それを振ったものを同時に例えば1000個とか、そういうふうにシミュレーションして、そのデータを集めて解析することによってある一定の予測を出す。こういうのをensemble computingというのですが、そういう動かし方もあるだろうと。あるいは、ビッグデータを処理するようなコンピュータなど。

また、これまでそれほどやってこなかったのですが、社会科学をシミュレーションするようなニーズもあると。こういう様々なニーズが出ていますが、これらの要求にこたえるシステムとしては、特に大規模、精密なものを計算するcapability、多くのケースを一緒に計算するensembleを両立させるコンピュータとしては、1か所にある程度大きなマシンを設置する必要があると考えております。

一方、このようなシステムはSustainableシステムである必要がある。具体的に言いますと、下に書いてあるとおり、「京」の後継機として「京」の資産が受け継げるものであったり、将来の計算機システムの発展動向を見据えたシステムであると。また、2020年ごろの世界の最先端システムであり、競争力、競合力のあるシステムであると。

そういったこともありますし、Total Cost of Ownership、端的に言うところの値段がやすくても故障してしまつたらあまり意味がないということもありますので、ランニングコストのことも考えて、低電力、又はソフトウェアの移植がしやすい、故障に強いというシステムを設計する必要があるということで、基本的な方針を考えさせていただいたところでございます。

一方、7ページに移りまして、2020年までに新しいシステムを開発するといっても、平坦な道ではなくて、技術的な課題もあります。それを2ページにわたってまとめさせていただいています。

まず、大きな問題としては、左上に書いてある性能電力比の問題があります。

スーパーコンピュータが演算する装置CPUというのは3種類に分かれておりまして、演算加速部、汎用、ベクトルと一般的に言われているものですが、それぞれ特徴がございます。まず、電力的な話をいうと、演算加速部というのは電力的に言えば非常に効率よく演算できると。汎用はそこそこ、ベクトルは結構かかるというところがございますので、これからどんどん性能を上げていくと、そのままでは電力は非常に上がっていつてしまう中で、その電力をどう抑えていくかというのが非常に重要な課題です。

こう考えると、電力性能が良い演算加速部にすればいいのかというと、そういうわけにもいなくて、右のほうにいろいろ書いてございますが、端的に言うと演算加速部というのは使えるアプリケーションが非常に限られている。ある規則的なデータを周期的にとっていくというようなアプリケーションでないと、なかなか動きにくいということもあって、演算加速部だけでやるというのも難しい。その中でどうトレードオフを図っていくかということが課題になっております。

8ページに移りまして、データ転送の問題ということで、プログラムを動かす中では、計算を行うだけではなくて、計算されるデータの出し入れも必要になるわけですが、現状としては、先ほど言ったとおりCPUの性能、スーパーコンピュータの性能は1年でおおよそ2倍上がっているところがございますが、計算性能は上がっても配給数の問題などがあって、メモリバンド幅、要するにデータの転送のスピードは上がっていない。その結果として、BFという1回の計算あたりに使えるデータ転送の量はだんだん減ると。そういうところがございまして、データが送りにくくなっているという中で、スーパーコンピュータをどう効率よく使っていくかということもまた別の課題として挙がっております。

こういった課題を解決すべく考えているのが、次の9ページ的设计開発の基本方針でございます。課題としては、2020年から運用可能な高い性能電力比と幅広いアプリケーション、先ほど言ったとおり、高い電力性能比だけにフォーカスするとアプリケーションは限定されると。そういうことも踏まえて、そのバランスを見ながらエクサスケールマシンを実現していく必要があると考えております。

そのために、計算機としてはどういうふうにしていくかということ、先ほど言った3種類のうちの1つだけというのはなかなか難しいかと思ひまして、汎用コアと演算加速コアを有するマシンの組み合わせでやっていくとともに、その中でアプリケーションによって汎用コアだけ使ったり、演算コアだけ使ったり、両方うまく使ったりというふうによく組み合わせ、それと省電力技術をうまく組み合わせることによって、なるべく電気を使わないで効率よく計算できる

システムをつくっていきたいということ。

それから、アプリケーション、特にデータ転送の厳しさを考えると、ハードウェアがこういうものができていきますよということと併せて、アプリケーションもつくっていくと。ともすれば従来のアプリケーションとハードの開発というのは、アプリケーションのほうからこういうものをこういう要求、こういう性能にしてくださいというのをつくったり、実際にその性能を試すベンチマークプログラムを出す。それに対してどう動きましたよという、ある意味一方的なやりとりだったのですが、今回はそうではなくて、もう少しハードの開発とソフトの開発がよくコミュニケーションをとって、フィードバックを入れて、協調的に開発するということ。それによってハードウェアとアプリケーションの関係をよくして、いろいろなアプリケーションがうまく動くようにしていくことが重要だと考えておりました、先ほども申しましたとおり、ここにポイントを置いて開発していきたいと考えております。

次に10ページの開発目標ですが、これは先ほど言った問題ともリンクするところをごさいます、我々としては目標性能を「京」コンピュータの100倍の性能を目指したいと考えております。ただ、ここでのポイントは、下に書いてありますように、Linpack性能で100倍ではなく、アプリケーション実効性能で100倍にしたいと考えています。

従来、スーパーコンピュータの国際比較や国際性能、よくトップ500というふうに言われていますが、それはLinpackの性能で順位付けされていて、我々も「京」のときはLinpackの性能で世界一を出させていただいたところですが、今後こういう汎用コアと演算加速コアを組み合わせるなど、そういったいろいろな状況を踏まえると、Linpackの性能が高ければそれでいいマシンなのかという議論もございまして、今回、右の紫色の部分に書かせていただいているとおり、むしろ我々としてはこのスーパーコンピュータで社会的・科学的課題を解決することが重要であるために、そういうものに使われるアプリケーションの中からある評価に使うプログラムを出して、それによって目標性能を検証すると。簡単に言うと、それを「京」で走らせるのと、新しいマシンである、ポスト「京」で走らせて、スピードがどのくらい上がったというところで比較したいと考えております。

例えば、どのようなものが100倍向上するのかというと、医療・創薬であれば新薬のスクリーニングのためのシミュレーション、被害予測のための地震波の伝播、量子色力学からの格子QCD計算、そういう医療、防災、基礎科学分野で100倍向上するアプリケーションがあるので、こういうものをベンチマークとしていきたいと思っております。

もちろん、ほかのアプリケーションもありまして、ここにある病気診断なり、

ゲリラ豪雨などもそれぞれ重要なアプリケーションですので、こういうものの十～数倍向上させるということで、その性能向上も目指していきたいと思っております。

ただ、現在、概念設計段階のため、どれだけ上げていくかという具体的な性能とか、ここで消費電力をある程度幅を持って30～40を目標にしていますが、その辺については今精査しておりまして、来年の夏までに確定したいと考えております。

一方、評価で用いるベンチマークは、先ほど述べたアプリFSを、いろいろな関係者の意見も聞いてまとめたいと思っております。大体このようなものだろうと我々は思っているものの、いろいろな方の意見も聞いて選定していくとともに、具体的にはそういうものを使って、来年の7月までに設計レベルで見るとどのぐらい性能がよくなるのかというのを実施していきたいと思っておりますし、実際、完成した暁にはそういうものをポスト「京」の上で走らせて性能を比較すると。そういうことをもって物がどうできたかということを見ていきたいと思っております。

一方で、社会的・科学的課題ということで、もちろんいい性能のマシンをつくるだけではなくて、我々としての本来的なアウトカムとしてはそのような課題を解決していくことであるのですが、これは「京」もそうだと思うのですが、できてから成果が出るまでしばらくかかるということもありまして、事後評価のタイミングはある程度できた段階ということを考えて、まずは直接的な目標としてはマシンとしてどのような性能になっているのかと、そういうところで評価していくのかなと考えております。

次に具体的なシステムの構成について簡単に述べさせていただきます。これについては対外秘で、ほかのところも部外秘のものはそう書かせていただいておりますが、検討を行うに当たって、企業から非開示を前提に提供いただいた技術情報を前提にまとめているところもございますので部外秘とさせていただきます。

システムの構成としては、基本的には、今、概念設計のレベルで、先ほどの具体的なベンチマークを使ってどういうバランス、例えば汎用と演算の加速器の比率をどうしていくのかということは検討を更に進めているところでございまして、来年の夏ごろまでにその内容を固めて、我々として概念設計の評価を最終的に行いたいと思っております。次に13ページに移らせていただきまして、期待される成果及び効果ということで、我々としては、先ほども言ったとおり社会的・科学的課題をどういうふうに解いていくかということ、トップダウン的にやっていきたいと思っております。当然、その課題はサイエンスとしても大事なものだと考えております。

また、その課題を解いていくプロセスの中では、こういう課題は非常に複雑ですので、分野間連携で解いていかなければいけないものもありますので、そういうところは進んでいく、あるいは、ビッグデータの利用も進んでいく。そして、こういう社会的課題をやっていくことによって、スーパーコンピュータが科学のためのものよりも、社会のためのものということで発展していくとともに、この中で産業利用も促進していったって、社会に幅広くスーパーコンピュータが使われるようにしていきたいと考えております。

14ページに移りまして、期待される成果と効果としてはいろいろございますが、例えば新薬開発というのは今回のノーベル化学賞にも関連する部分かと思いますが、特定のタンパク質とどういう化学物質が結びつくかを見ることによって新薬を開発する。そういうことが今進んでいるわけですが、細胞内のタンパク質は1個ではなくて複数あるわけですし、そういうところも踏まえてどうくつつくかということを見ると、副作用までも見た画期的な新薬ができる。

右のほうで言えば、地震発生から避難予測までを統合したような複雑な計算を解いて、これを短時間で行うことによって地震発生時から、望むらくは津波が来るまでに解析ができるようになるとか。

それから、ほかの分野でいきますと、15ページであれば、産業利用の話として、安全性の高い自動車ということで、今、「京」を使ったかなり高度な衝突解析などの研究も進められているところですが、そこを一步進めて、中にいる乗員の体への影響あたりまでも評価できるようになると、究極的には試作レスで、コンピュータ上の設計だけで車がつくれるようになります。あるいは、環境エネルギーの問題の解決に資する燃料電池の開発。

16ページに移りますと、ナノテクノロジーの関係で、次世代デバイスをつくっていくと。また、もちろんこういう実用的な話だけではなくて、基礎科学としての宇宙の起源と進化を求めていくような、例えば、今でも超新星爆発のシミュレーションは行っているわけですが、それを更に進めて、惑星から宇宙の大規模構造形成までを一連のものとしてシミュレーションしていくなど、こういうことが新しいポスト「京」の計算能力では実現できるのではないかと考えております。

ここまで見た6つの例は、「京」である程度やって、更に「京」を発展させたものとして、こういう成果が出るだろうということを説明させていただいているのですが、ほかにも新たな大きな計算能力を使って発展的・挑戦的に出せる成果もあるだろうということで、それを17ページと18ページに記載させていただいております。お時間の関係もありまして、あまり細かくは言いませんが、例えば脳研究であったり、次世代のゲリラ豪雨予測であったり、分子と細胞の関係を見極めて疾患の治療につなげる、あるいは、天然光合成のメカニ

ズムを解明して人工光合成ができるようにするなど。

それから、18ページでは、高温超電導体の機能を解明して、望むらくは必要な超電導体の設計をする。また、社会・科学的なものとして社会現象、今はエージェント理論とあってあるモデルに基づいてやっているのですが、そうではなくて、個々の人の動きをきちんと見極めたシミュレーションを行っていく、それから、次世代デバイス。基礎科学で言えば、素粒子精密実験との連携、こういうような様々な成果が期待されるものと考えております。

それから、19ページに開発スケジュールを書かせていただきました。来年度から基本設計を始めて、2015年度から詳細設計に入る。2017年度から製造して、2019年度中にはすべて完成して、2020年度から運用できるようにしたいと考えています。特にこういう大きな研究開発でございますので、ステップごとにきちんと評価をして、それを見て設計を変えていくべきところは変えていくということをやっていきたいと考えております。

また、先ほど述べたとおり、Co-designということで、上にあるハードウェアの開発と下にあるようなソフトウェアの開発は一体連携して進めていきたいと考えております。

20ページにはマネジメント体制を書かせていただきました。まず、開発推進体制としては、文部科学省で有識者のHPCI計画推進委員会のご意見もいただきながら、実際は開発主体、これは理研を想定しておりますが、開発主体において実際の開発を進める。

もちろん、開発するにあたっては開発主体だけで行うわけではなくて、右の図にあるとおり企業との共同研究も行われますし、ソフトウェア的な話については大学、研究所、特にシステムソフトウェアといった部分については、米国をはじめ国際協力も議論されていますので、そういうところともやっていくということで、企業・大学を含めたオールジャパン体制で進めていくこと。それから、繰り返しになりますが、アプリケーション開発も並行に進めて、Co-designできちんとアプリケーションが動くような設計にしていきたいと考えております。

それから、予算概要については今後更に精査していくということでございますが、アプリケーションの開発も含めて総計で1,200億円程度というふうに考えています。

22ページは、先ほど我が国として自主開発していくということを申しましたが、その議論の中で、我々としても自主開発とほかの手段とを比較検討しております。基本的にはCPUから開発するというところを選んだのですが、そうすることにより我が国の技術が継承され、人材が育成されるという利点があるかと思っております。

一方で、コストだけの議論をすれば、確かにCPUメーカーと協業する、CPUは調達してしまうなど、あるいは、製品を購入してしまうとか、そういう選択肢もあるわけですが、当然、開発の部分を減らしていけば我が国としての技術を保持できなくなる部分もありますし、特に今後のスーパーコンピュータはいろいろな機能がCPUの中に集約していくというトレンドもございまして、CPUを開発するというのが一番本質的であろうということで、我々としてはCPUから開発するということを検討させていただいたところでございます。

24ページで、「京」とポスト「京」はどの辺が違うのかということを変更してまとめさせていただいております。「京」は、青い汎用部と加速部、汎用部というのは様々な計算を万遍なく実行できるもの、加速部はある特定のパターンの演算において極めて性能が高く、電力効率が高いもの。そういう違った種類のものですが、「京」は汎用部からなるシステムということで、幅広い分野に計算資源を提供するという役割を果たしたものと考えております。

ポスト「京」につきましては、できるだけ幅広い分野に計算資源を提供するという意味では、汎用部を活用しつつ、電力問題も考えて加速部を導入するというので、汎用部と加速部を組み合わせたもの、これによって電力性能を向上すると。また、加速部というのは強スケーリング対応という、一定サイズの問題を実時間で高速で解くのが得意なので、そういうことをやったりしていく。当然、「京」もそのままというわけではなくて、演算性能やメモリ容量、ネットワーク機能など、当然技術の進歩に向かって改善していくところは改善していきたいと思っております。

それから、左下にあるとおり、加速部をつけて、「京」でも量子力学計算や粒子法計算みたいなものはそのまま使えますし、構造格子における流体計算もそれほど大変ではなく動かせるものがある。一方で変えていかなければいけないアプリケーションもございまして、例えば、気象分野の流体計算というのはある程度書き換えを行う。逆に言えば、そういうことをすることによって、高い性能が期待できるものもありますし、非構造格子での構造・流体計算みたいなものは現段階では加速部への移植はなかなか困難なものであって、今後引き続き研究開発をしていく必要があるということで、アプリケーションが移植にどういう影響があるのかという分析も今進めさせていただいているところでございます。

それから、25ページでコスト削減とか商用展開、これもまとめさせていただきます。先ほどの繰り返しになると思いますが、開発経費や製造経費を抑えるために、汎用品でいいものについてはそれを活用する。例えばCPUでも、

サーバ用のCPUと要素技術では同じものはそのまま使うとか、メモリは既存のものを使うというところもございますし、加速部のハードウェア、ASICと書いてありますが、これは端的にいうと外部の業者にある特定の部分は回路を使ってもらおうということで、とにかく我々として保持すべき部分はきちんと維持しつつ外に出している、汎用品を使ってもいい部分はそういうことで、そこはきちんと仕分けしてやっていこうかと思っております。

また、波及効果と商用展開としては、汎用部は、「京」もそうですが、FX-10という「京」であれば商用機をつかって売っていく、それから、こういうことによってサーバ用も含めてハイエンドプロセッサ技術を継承していくなど。加速部のほうであれば、エクサだけではなくて、ほかのスーパーコンピュータも含めてほかの汎用の機械の加速部分として幅広く使っていくと。それから、ビッグデータの解析、ビッグデータ自体は演算が難しくないものもございますので、そういうものに使うことができないか。そういう商用展開もどれだけできるかということも意識しつつ議論してまとめているところでございます。

人材育成については、26ページにまとめさせていただいていますが、基本的には「京」の開発・整備を通じて、ハイエンドプロセッサ技術がかなり蓄積されたところがございますし、そういうのを有する人材が育成された。当然、エクサにおいてもこういう人材は活用していきたいと思っておりますし、新たな人材も育成していきたいと考えております。

また、今回の一つの目玉であるCo-designの中で、計算科学分野と計算機分野、要するにハードウェアと実際に使っていく人、その辺が両方わかる人、あるいは、計算科学と実際にそれがどう応用につながっているか、そういうことに精通している人材の育成も行っていきたいと思っております。

また、「京」においては研修生の受入れやスクール・講習会という形で、若い人も含めて人材育成に取り組んでおりますが、エクサスケールにおいてもそれは引き続き行っていくことによって、こういう計算機科学の最先端研究を牽引するような人材育成に貢献していきたいと考えております。

具体的なイメージは27ページにございますが、企業であれば200名程度、開発主体であれば、特にこのプロジェクトに若い研究者が参加することによって将来を見据えた人材育成をやっていく。それから、スクール・講習会、ライブラリー開発、アプリケーション開発を通じての利用支援技術者の養成。利用支援技術者というのは、例えば産業利用ということを考えていくと、外の人がスーパーコンピュータを使いこなすことを支援していく人材も大事ですので、そういう人材育成もしていきたい。あとは、大学の連携も行っていくと、そういうことをしていきたいと考えております。

すみません、最後のほうは駆け足になって恐縮ですが、説明は以上でござい

ます。

【座長】 ありがとうございます。それでは、非常に大部な資料になっておりますけれども、質疑に移らせていただきたいと思います。検討会委員の皆様からよろしくお願いたします。はい、どうぞ。

【委員】 どうも説明ありがとうございます。3点ほど確認させていただきたいと思います。

10ページの目標性能のところ、「Linpack性能で100倍ではなくアプリケーション実効性能で100倍」と書いてあるのですけれども、この読み方は、Linpack性能で100倍は当然であるけれども、それで満足することなくアプリケーション実効性能で100倍と読むべきなのか。あるいは、必ずしもLinpack性能で100倍いかななくても、アプリケーション実効性能が100倍いったらよしとするということなのか、どちらなのでしょう。

【文部科学省】 後者です。

【委員】 後者ですか。それで大丈夫でしょうか。というのは、以前に私がスパコン「京」のときにLinpackにこだわる必要があるのかと尋ねたときに、「京」関係者としては、そうは言っても1番をとることが重要なので、最終的にはLinpackで1位をとるとというのが重要であると認識していました。いまこの時点で、これを聞くと今の段階から最初の目標がぶれていませんか。

【文部科学省】 それは「京」のときと比較して、ということですか。

【委員】 はい。

【文部科学省】 確におっしゃるとおり「京」のときとはそう。

【委員】 ということは、エクサスケールというのは、そもそもLinpack性能は100倍になっているからということを前提にしているのではないですか。違うのですか。

【文部科学省】 先ほどベンチマークの説明をしていなかったもので、改めてさせていただければと思います。33ページの参考のところに入れさせていただいたのですが、確かにこれまでも国際標準ベンチマークとしてはLinpackを使っていると。これでコンピュータの性能を判断してきており、「京」のときもそうだったと思うのですが、国際的にもこれだけでスパコンの順位づけをするのは実情に合っていないと。逆に言えば、Linpack性能で100倍出ても、実際のアプリケーション性能が出ないのでは、何のためにスーパーコンピュータを使っているのかわからないというところもあります。

そういう意味では、Linpackにフォーカスして100倍を目指したスーパーコンピュータをつくることは技術的には可能なのですが。むしろ「京」のような汎用チップを中心にしたコンピュータであれば、その差はそれほどなかったと思うのです。今回の加速部であれば、極端なことを言えば加速部だけでつ

くればLinpackの性能は100倍になるということはできるのですけれども、そういうことではなくて、実際のアプリケーションがどう動くかというバランスで見ていこうと。その結果、Linpackとしては100倍にならなくてもしょうがないのではないかという方針で。それは「京」と考え方は違うと思いますが、次のスーパーコンピュータはそういうやり方でやっていきたいということで考えたところでございます。

【委員】 私はLinpackで100倍を目指すということを言っているのではなくて、アプリケーション実効性能100倍であれば十分だと思っているのです。ただ、スパコン「京」のときの説明と、エクサのときの説明が、今日おっしゃったことが将来的にぶれていかないように、そこはしっかり理研の中というか、文科省の中で十分協議して、国民を説得できるような形でぶれない説明が必要だなということを確認の意味で質問しました。Linpackで100以下は意味ないよということではないので、そこは誤解ないようにお願いいたします。

【文部科学省】 確かにおっしゃるとおり、これまでとは考え方が違うというのは確かですので、そこについての理解を深めていくような取組はしていきたいと思っています。

【委員】 2点目は、ついこの間私はスパコン「京」の事後評価を担当したので、今度はエクサだと思うのですが、あのときのことを考えると、今回、スパコン「京」、もちろん動き始めてまだ1年ちょっとですけれども、記憶によるとあれは確か5戦略分野ありましたよね。その5分野についての成果が気になります。例えば、今日、5分野でスパコン「京」がこういうふうに使っているのだという判り易い資料が必要です。これだけの投資をしたスパコンですから、一つひとつ見れば成果は上がった部分はあると思いますし、それはいいと思うのですが、まとめ方として5分野の中で、例えば生命科学でもいいですよ、その中の1つの分野が、スパコン「京」ができる前は、こうだったのだけれども、スパコン「京」が実際動いたらこういうふうになってきたと明示されて、ところが、まだ不十分なので、更に100倍するとここまで判るといような説明があると理解し易い。例えば、台風の予想でも1キロのメッシュで切ったものが、100メートルになったのだけれども、今度は10メートルぐらいと。そういうわかりやすい数値目標を出してこないと、打ち上げ花火のようにいい点を言っても、極端なことを言えば、これだけの性能のコンピュータですから、いいところを挙げればきりが無いと思います。その分野に対して、例えば生命科学のアプリケーションでもこういう点に問題があったと。もう一つ言うならば、5つの分野の中でスパコン「京」がどの分野で一番役立ったのかと。

だから、今後、5分野の中でエクサになったらどの分野で一番貢献するのか知りたい。例えば、生命科学における新薬の加速にはなかなか見える成果が難

しくて、実際には災害とかシミュレーション、そういうところで役に立つ。あるいは、宇宙関係のものについて役立つとか。そういうようなランクづけもできるような。5つの分野がどうだったかということをもっと明確にしてほしいなと。そういうまとめ方がほしいなと思います。

【文部科学省】 わかりました。5つの分野は、今年に別途、中間評価をしておきまして、その中で確かに5つの分野それぞれどうだったかというのは見ていきたいと思っております。この成果自体は、ごらんになってわかるとおり、5つの分野一つずつ例を上げてみたところなのですが、その成果がどうなっているかというのはきちんと見た上で次を考えると。ご指摘を踏まえてそこは取り組んでいくべきかと思っております。

【委員】 「京」とポスト「京」ということは、「京」とポスト「京」が同時に動く状況はあり得ないのですね。

【文部科学省】 だんだん性能が上がっていく中で、確かに「京」もほかと比べて陳腐化していくところもありますので、「京」をいつまで動かすかというのは、この予算が実際について実現した段階でそこをどういうふうにしていくかはきちんと調整していきたいと思っております。

【委員】 つまり、地球シミュレータと、スパコン「京」とありましたけれども、これだけすごく進んでいって、しかも地球シミュレータと「京」と違って、「京」とポスト「京」というと格段に性能が違うので。そうすると、ポスト「京」が動いた段階で「京」は終了したほうが、電力事情とかユーザーのことを考えるといいのかなということをおっしゃったので。

【文部科学省】 もちろん、おっしゃるとおりです。逆にいつまでも動かす気はないのですけれども、言いたかったことは、「京」を止めることによって、ある程度そこで段差が落ちてしまわないか、そこはほかの大学の基盤センターの能力が向上しているのでも、「京」を止めても日本全体の計算資源として影響がないかどうかを見据えた上でのシミュレーションということをございます。

【委員】 わかりました。

【座長】 はい、どうぞ。

【委員】 CPUの自主開発の話が出ておりましたけれども、先ほどのお話の中では加速部分をどうこうとか、かなりマイナーな話しか出ていないと思うのですよね。自主開発をするということであれば、もう少し斬新な技術革新に基づいたプロセッサの開発がないとまずいと思うのですが。「京」が動いてちょっとしかたっていないところで、次のポスト「京」ということで検討も大変だろうと思いますけれども、どういった新しい技術を開発していかれようとしているのか、もう少し立ち入った話をお聞かせいただけないでしょうか。

【理化学研究所】 説明させていただきます。

斬新な技術開発というところですがけれども、演算加速部のほうはかなり冒険をしているようなところがございます。というのは、基本的には演算のコアという、それを4096個、現在のところそのくらいのものを詰め込んで、1チップで16テラフリップスというところは、2020年から2018年の時期でもかなり冒険をしたアーキテクチャになっていると思います。

そのかわりに、そのくらいの演算性能を持つようなCPUになりますと、外づけのメモリ、今のメモリ技術では不十分ですので、主にオンチップのメモリを使うようにします。それで足りなければ、今、最先端のメモリ技術でありますシリコンの基板上で配線するシリコンビアを使う配線を試してみるというか、それに挑戦してみようと考えています。そういうことによってメモリバンド幅を格段に上げることができると考えています。そういうふうなことを実際にやって、演算加速部で大幅な電力効率と性能を達成しようと考えています。

【委員】 そうすると、単純にGPUを入れるとか、ゲーム機を改良して入れるとか、そういったことではなくて、かなり違ったプロセッサの構成になるということですね。

【理化学研究所】 ここは新規開発になります。そのため、かなりリスクを伴う技術開発ですので、リスクマネジメントをしながらメーカーと一緒に開発していく体制をつくるということが必要だと考えております。

【委員】 それから、一時期、三次元の実装とか何とかいう話もありましたよね。そういった話は今どうなっていますか。

【文部科学省】 三次元の実装につきましても、先ほどのメモリ技術のところですがけれども、三次元実装したメモリを使います。ただし、CPUと三次元実装しますと、非常に高い熱を持つようなプロセッサの上にメモリを載せるということになりますので、そこは二・五次元と言われているように、CPUのチップは別にして、三次元実装したメモリとシリコンビアで結合する計画です。シリコン上で結線することによって、1万ピンとかのバンド幅を確保できるような実装ができますので、チップが16テラフリップスという演算性能を持つ場合に、それがなければなかなか使いこなせない、あるいは、それがなければちゃんと演算ができないようなチップになると考えています。

【委員】 それから、もう一つ、ベンチマークの話が出ておりましたけれども、Linpackだけで性能を評価するというのは大分長い間続いているのですがけれども、ほかに数個のベンチマークの提案がされているようなのですが、結局、国際標準でそれを認めさせていかないと、「京」とポスト「京」の間でこれだけ違ったよということも言っても仕方がないと思います。国際化の中でどういうふうに国際標準としてベンチマークを見直していこうかというところの取組は、今どういう具合になっているのでしょうか。素人から見たときに、トップ

500ということでランキングをされてしまって、すぐトップですぐに2位になってしまうということになりますね。だから、ベンチマーク自体を、もうちょっと広いアプリケーションのところをカバーできるように、国際標準をつかっていかないといけないと思うのですね。

【理化学研究所】 アメリカですと、DOEがミニアプリという形でアプリケーションのエッセンスを取り出したものをつくっていて、それをベースに向こうはCo-designしていくということをやっています。日本においても同じような取組をしているのですけれども、そこで一緒にミニアプリ群という共通なものができるかなと思っております。

この辺の話については、今年の4月に文科省とDOEの間で科学技術協定として一緒にやっていくという取組の中に、システムソフトウェアに関しても今後一緒にやってみましょうと、国際連携しましょうという話がありまして、その話の中で現場レベルでミニアプリについても一緒にやっていくという話が出てきております。なので、このプロジェクトが立ち上がったならば、日本側は開発主体側が中心になって国内の大学の方々と一緒にそういったところに取り組んで、アメリカあるいはヨーロッパ全体、世界全体でミニアプリなり、それに基づいたベンチマークをつくっていければと思っています。

【理化学研究所】 現在、Linpackの値が使われていますが、これは密行列の連立方程式を解いているわけですが、現在でも実際のスパコンの性能とLinpackのベンチマークの値にはかなり大きな開きがあります。現代のスパコンにとって演算性能だけでなくメモリへのアクセス、ネットワークコミュニケーション性能も重要です。Linpackの値がスパコンの性能を正しく評価していることは言い難いです。エクサにいけばますますその差が大きくなってしまいうということが言われていて、国際的にもベンチマークそのものを見直そうという動きが出ております。

既に一つ出ているのは、スパースな行列式を共役勾配法で解くという提案もなされております。実際のアプリで使われているアルゴリズムに近いものです。今年のSCでそれが提案されると思いますが、エクサに向かってどういうベンチマークでスパコンの性能を測ったらいいのかというのが、ここ2～3年で国際的な議論を呼んで、その中で固まっていこうと思うのです。そういう中で、我々としても主導権をぜひとって国際規格を確立していくように努力したいと思っています。

【委員】 ぜひ頑張ってくださいと思います。

【委員】 今回の新しい開発でキーワードの1つはCo-designという考え方、すなわちアプリケーション側とハード側が協調して設計をしておく、ユーザーが高速計算を必要とするアプリケーションの性能を発揮できるマシンをつくる

と。これは非常に重要なことだと思います。もう1点が、全く新しいアーキテクチャの採用で、汎用器部分にアクセラレータをつけることによって電力を落として性能も発揮できるようにすること、この2つだと思うのですが、ここで幾らか矛盾というか不安が出てくるのは、Co-designなしにハードウェアの設計が始まっているように思える点です。

例えばFSは、現在、ベクトルとか汎用、アクセラレータ、それによるエクサパソコンの実現可能性が、先ほどの説明にもありましたように現在行われていて、アプリの調査も理研で行われている最中である。その結論がまだ出ないうちに、既に何となくハードの形が決まったようなきょうの説明を聞いたのでびっくりしたのですが、ハードはCo-designの思想に基づきこれから考えていくのか、あるいは、今日の説明のハードの構成の方向が変わる可能性もあるのか。それともFSは途中で見切って、大体結論が見えてきたのでこの方向で行くのか。評価委員会が本日開催されるので、本日の段階での話に過ぎないのかかわからず不安に思いました。

質問は、Co-designを考えてハードの設計を進めているのか、それとも、アーキテクチャの設定を先決し、それにアプリを適応するようなCo-designをこれから考えていくというのか、まずお聞きしたいのがその一点です。

もう一つは、電力ネックとかエクサ性能が高速計算機の開発の大事な境界条件になっていると思うのですが、アプリケーションの側、社会のニーズから考えると、本当にそれが重大な境界条件なのか。例えば、電力がなければ問題が解決しないのであれば、電力問題を解決するような方策を考えるという道もあるのではないかと。あるいは、エクサの実現は万人の希望ではありますが、本当にエクサを実現するのにかなり無理が出てしまうのであれば、一方で社会のニーズでエクサはなくてもポスト「京」としての高速計算機で十分であれば、最初からこの2つの境界条件をとったほうが、無理のない次世代高速計算機の設計ができるような気もするのですが、この辺はいかがでしょうか。

この2点、教えていただけませんか

【理化学研究所】 Co-designのほうですけれども、加速器のほうは新規開発ですので、いろいろなコンフィギュレーションがあり得るということですので、基本的なアーキテクチャ、大体オンチップでこうして演算機をこのくらい入れてというふうなスターティングポイントは決まっていますけれども、アプリケーションのニーズによってこういうネットワークが必要だ、あるいは、汎用と加速部のバランスをこうするべきだというふうな話についてはまだ決まっておられません。

というか、これからCo-designのプロセスによって決めていくパラメータがたくさんあり得ると思います。逆に言えば、そうやって幾つかの重要なアプリ

ケーションに向けて、いろいろな物を変えたいと言いますか、ちゃんと適応できるように設計していく必要があるということです。

ですので、結論を申し上げますと、加速器についてはまだ決まっているわけではなくて、こういう形にしようというところが決まっているだけであって、もうこれしかないのだという話ではもちろんありません。

【理化学研究所】 まず、Co-designの汎用のところに関して補足ですけれども、汎用のほうはCo-designをもう既に始めています。それはアプリ側に対しては要求BF値を下げるような方向でプログラムを直してもらわないことには、今後駄目なわけですというのが一点。それから、通信に関しても、ノード性能に対する通信のバンド幅というのは、比は同じように低くなっていますので、なるべく通信しないアルゴリズムを考えてもらわなくてはいけなくて、そういったことも踏まえて汎用のFSではやっています。

具体的には、細かい話ですけれども、キャッシュの大きさをどのくらいにすると、あるいは、way数をどのくらいにすると、性能がどれだけ下がるとか。そういったバランスも、アプリケーション屋さんとアーキテクチャさんがその場で一緒に推定結果を見て、議論をしながら概念設計をやっているという状況です。

あと、1エクサを目指すかどうかというのは、2年ぐらい前からアプリのユーザーの方々が集まって、最初は手弁当で、2020年ぐらいに社会的・科学的課題を解決するにはどのくらいの性能が必要なのかというふうな議論をしてきたわけです。そういった中で、我々が提案するようなものがあればそれなりの要求が満たせるだろうと、そのためには汎用だけでは無理だと。汎用と加速部をつけた形でやるべきだということで提案しているという状況です。

ここで重要なのは、その後も含めて、こういったアーキテクチャが、どういうふうな形で進化していくかはわからないけれども、ユーザーから見たとき、プログラムする側から見たときに、プログラムのコードがその後も継続して、またプログラムを修正しなければいけないということが起きないようにやっていくことも重要になります。Co-designをしながら、かつ、ライブラリーあるいはフレームワークなり、プログラミング言語も将来にわたって使えるものをつくっていくという形で、ユーザーに対しては、新しいマシンが出てきたからそれに対して頑張ってチューニングしなければいけないというようなことにはならないようにしていきたいと考えています。

【座長】 ほかにご質問あれば、どうぞ。

【委員】 追加の質問ですが、今、非常に複雑な最適化モデルを計算されているということなのですが、その計算に「京」を使っているということはあるのですか。

【理化学研究所】 今の段階は非常に粗い見積りなので、エクセルに表を入れて、答えが出るというレベルのもので、まだ。

【委員】 質問の2点目は人材育成ということなのです。これだけ大きなプロジェクトですから、いかにそこから次世代を担う人材が育っていったかということが一つの評価のポイントになっていくと思うのです。その点は「京」についても同じようなことがあったと聞いているのですけれども、「京」の設計・開発に携わって、具体的にどのくらいのレベルを持った人が何人規模で新たに育ってきたのか。レベルの問題もあると思いますが、つまり具体的にプロセッサのデザインの中核を担える人が一体何人増えたのかというのをお聞かせいただきたい。また、次のエクサではその人が核になっていくと思うのですけれども、その人を核にしてどのくらいの規模で増えていくことが想定されるのかという点について何かお持ちでしょうか。

【理化学研究所】 ベンダーのほうの話なので即答はできないというのが今の状況ですけれども、少なくとも「京」を開発したキーパーソンが、そんなに年取っているわけではないですけれども、かなりの方が次のものに関しても携わっているという状況にあります。今後、ここからはウィッシュになってしまいますけれども、企業においても若手の技術者・研究者が設計に携わっていくようなことになっていかないといけないとは思っています。そういうことで、具体的な数字はちょっと。

【理化学研究所】 正確な数字は今持ち合わせておりません。

【理化学研究所】 あと、現在、「京」を運用している機構における人材育成という意味においては、サマースクールをこの3年間くらいオーガナイズするほか、近隣の大学ということで、兵庫県立大と神戸大学とが協定講座を実施しております。人材育成というか教育になりますけれども、そういうことをやっております。

ポスト「京」に向かっては、これから始めようと思っている試みの一つが、インターンシップみたいなものを引き受けて、2～3か月、機構に来てある設計を手伝ってもらおうと、そういう形の制度をしておいたほうがいいのかということを考えております。「京」のときは機構というものがなかったわけで、今は開発主体候補として理研があるわけですが、そのときになればもう少し機構としての教育、人材育成の取組ができるのではないかなと考えています。

【座長】 ほかにご質問あれば。

【委員】 日本の情報産業と通信産業が弱くなった一つの理由はスピードのみを追いかけたことにあります。通信の場合には情報伝送容量だけを追いかけたところがあると思います。そうではなくて、多様なアプリケーションに対応で

きるコンピュータはどうあるべきか、ソフトウェアはどうあるべきか、こういったところが今まで弱かったと思うのですね。

先ほどのベンチマークの件で、Linpackではなくて、実効性能はアプリケーションによって全然違うわけですよ。ですから、1つのベンチマーク、指標ではなくて、複数の指標でどういったところをねらうか。そのねらいどころというのは、日本にとってスーパーコンピュータを使って何をやりたいかといったところが幾つかあると思うのですね、そこに合わせてベンチマークを探す。こういったやり方が必要なのではないかなと思います。

それから、2つ目は、capability computing、ensemble、ビッグデータについてです。これは非常にわかりやすい分け方だと思うのですが、それぞれに対してインパクトのあるアプリケーションは何かというのが今日の資料では分からないですよ。アプリケーションは幾つも書いてありますが、これはコンピュータの本来のスピードで解くことに価値がある、あるいは、ensembleなのだ等、そういったところをもう少し明確にまとめていただきたいと思います。

それから、もう一つ、アプリケーションの中で今解けない問題というのは、ボトルネックがどこにあるかというのは、計算のスピードの能力に問題があるからまだうまくできていないのだというものもあるし、幾ら速い計算機があってもアルゴリズムができていないのだというものがありますよね。また、計算能力はあるけれども、実際に計算するために必要なデータがそろっていないとか、こういうところが今は混在して書かれていると思うのですね。エクサをやれば何でも解けますよというアプリケーションの例が並べてあるので、その辺をまとめ直してもらいたいと思います。

それから、一番重要なのは、もちろんサイエンスが社会に対してどういった貢献を果たせるかも重要だけれども、いろいろなアプリケーションを産業応用にいかに役立てていくか、ここが非常に大きなポイントだと思います。ですから、そういったところをみんなが納得して、驚くようなアプリケーションをぜひ考えていただきたいと思います。以上です。

【座長】 今のことに関して何か。

【文部科学省】 資料は改めて整理したいと思いますが、複数のベンチマークについてはご指摘のとおり、10ページにも書かせていただいたのですが、ベンチマークはアプリF Sの意見を反映しながら。アプリF Sというのが社会的・科学的課題はどういうものがあるかということ进行分析してきたところがございまして、そういうところで何をベンチマークとして見ていくのかということを中心にピックアップしてやっていきたいと思っております。

また、このアプリF Sがまとめたロードマップの中で、何がcapabilityで、何がensembleかということもまとまっていますので、そこら辺もちょっと整理

してお示しするようにしたいと思っています。

また、スピードとアルゴリズムという意味では、14ページからの成果のところ、14、15、16ページというのはこれまで「京」でもやって、アプリケーションもある程度できていく中で成果が出るものですし、むしろアルゴリズムも含めて考えていくというものは17、18ページかなと。だから、「発展的・挑戦的」と書かれているのですが、そこら辺も改めてきちんと整理してお示ししたいと考えております。

あと、産業利用でございますが、36ページの参考のところにあるのですが、今の「京」でも、理化学研究所とは別に高度情報科学技術研究開発機構というところがございまして、ここの利用促進業務の中でどんどん産業利用を拡大したり、同じ神戸にFOCUSという法人もございまして、そういうところで産業利用を「京」で広めようとしているところですが、こういう枠組みの中で教訓を得て、更にそこがポスト「京」でどうしていったらもっとよく進むのかということを引き続き取り組んでまいりたいと考えております。

【座長】 他にご質問ございますでしょうか。はい、どうぞ。

【委員】 地球シミュレータの時代から多くの研究者が使ってきていると思うのですがけれども、研究者の研究成果の評価というのはどういう具合になされているのでしょうか。一番いいのは、例えば「京」を使ってノーベル賞をとったとか、そういう話が出れば一般の国民も「すごいね」ということで認識するとは思いますが、少なくとも科学技術者にスパコンの価値を認識させるためには、被引用数がどれくらいとか、インパクトファクターが20ぐらいの『ジャーナル』にこれだけ出ているよとか、そういう資料がついた上で、先ほどのアプリケーションのいろいろな例が書かれるともう少し説得力があると思うのですね。

それが、こういったこともできるよということで、スパコンのアプリケーションの例をいろいろ出されても説得力がないような気がするのですよね。ですから、「京」なら「京」のレベルのものでないとできなかった研究で、その研究成果が非常に著名な『ジャーナル』にこれだけの被引用数で出ているよというふうなことが掲載されていると非常にいいと思うのですね。コメントです。

【理化学研究所】 「京」が動き出して1年でございますので、まだ論文になっていないものももちろんありますけれども、我々の知っているところではいろいろな分野で本当にわくわくするようなデータが出てきておりますので、何らかの形でまとめて皆様に配布したいと思います。

それ以前で、まだ「京」が本格稼働していないときには、スパコンを使ってのアプリケーションというのでしょうか、応用研究の中で最も優れたものに対して与えられる賞に「ゴードン・ベル賞」というのがございまして、2011年、2012年も「京」を使ってのアプリケーションがいずれもゴードン・ベ

ル賞に輝いております。そういう意味では、「京」を使つての成果でも世界的な仕事もう既に出ていると言えらると思ひます。

【委員】 この場ではふさわしくないのかもしれないけれども、これは共用促進法が将来入ってくると思ふのですね、共用促進のSPring-8とか、Jパークも推進とか評価も同時にやっているので、2020年の段階でエクサのスパコンが動き出すときに先端計測の実測がどういふ状況であるのか。例えばタンパク質の構造解析で言えば、エクサスケールが動いたときに、例えばX線自由電子レーザーで1分子解析ができるような状況になつたときのエクサスケールの立ち位置は何なのか。

つまり、実測が先行して、そのときのシミュレーションでのアルゴリズムとして絶対に「京」ではいけない、エクサが要求されるのだというよふな予想があるのか。ほかの先端計測についても将来構想とスパコンのバランスが重要と思ひます。科学の進歩には、理論と実測とシミュレーションのバランスが必須です。シミュレーションのいいところは、極限状態で効率よくできるということだったのですけれども、論文を出すというのはいふいいスパコンを使つてシミュレーションすれば論文が載るのは当たり前のことです。先端計測もいい装置をつくれれば必ず論文は載るのです。しかし、それらが産業界に役立つかどうかというのはいふ、理論と実測とシミュレーションがうまくマッチングしたかどうかということにかかってくると思ふのです。

2020年に他の先端計測はどうなつていふのか。SPring-8はそれまでに1年間休止してすごいバージョンアップするといふ情報もあります。その結果として、莫大な計算が要求されるからエクサが必要であるとか、あるいは、実測が先行するのでエクサはもう要らなくて、「京」程度のもものがもう数台ぐらゐそばにほしいとか、そういう意見もあるかもしれないので、その辺は理化学研究所、文部科学省は少し意識したほうがいいかなといふ気がします。

【座長】 その辺はよろしいですか。

【文部科学省】 わかりました。そこはご指摘を踏まえて分析させていただきたいと思ひます。

【委員】 この前の総合科学技術会議の本会議で先生方につくつていただいた心臓のシミュレーション、これは非常にインパクトのあるデモンストレーションでした。「京」により8000億個の分子を1個1個シミュレーションして、心臓の1拍あたりの血流をほぼ1日でシミュレーションできると。非常にインパクトがあつたのだけれども、あれで終わつたら単なるデモンストレーションですよね。ですから、次のステップで、何処にどういふ異常分子があつたら、血流がどのように変わり、心臓疾患に関係するのだと、そういった研究成果を次に示す必要があると思ふのですね。

それから、もう1つは、テーラーメイド医療をしようとした際、国民一人ひとりの心臓の分子を全部シミュレーションするわけにはいきませんよね。そうすると、分子の集団として、例えば1000個ぐらいを1つの領域でシミュレーションしても全然問題ありませんとか。こういうところの実用に向けての研究開発もぜひ進めていただければと思います。

言いたいことは、1回でデモンストレーションは終わらずに、その成果を次々と出していくということをぜひお願いしたいと思います。

【理化学研究所】 決して1回のデモンストレーションで終わったわけではなくて、先生が言われた方向で着々と研究が進んでおります。個々の患者の心臓が再現できるようなところまで来て、心臓疾患の人たちを何とかそれで救えるように、医療現場と一緒に研究が更に進んでいるところでございます。そういう方向は非常に重要でございますので、我々としてもそういう方向で進めたいと思っています。

【座長】 委員、どうぞ。

【委員】 マネジメントという視点から伺いたいのですが、「京」からエクサスケールに移行するというところで、同じ理研が担当するという前提であれば、その中でどの部分が学習効果が活用できる部分という想定を立てていらっしゃるか。例えば、スタッフにしろ、「京」に当初から関与した方、デザイン、コンセプトから、実質動かすまでの中で培ったノウハウをこの中で再現する、あるいは、活用していくことができるという想定で動かしていらっしゃるのかというのが1つ。

それと同時に、今度、Co-designをキーワードになさっていて、これが新たな取組ということなのですが、Co-designを既に使ったわけではないわけであって、これから実際に動かしていくわけで、その場合にある程度コストがかかるだろうし、必ずしも前提どおりにうまくいくわけではないので、そのときのフィードバックといいますか、修正する機能というのをどのような形で埋め込んでいくのか、あるいは、ほかのケースで、日本以外のところで、Co-designという概念を採り入れた形で既に実践しているところがあれば、そこから何か学ぶことができるか、その辺のところを教えてくださいたいと思います。

【理化学研究所】 Co-designに関しては、米国がCo-designセンターというのをつくってそういうことをやっております。我々から見ると一番重要なのは、アーキテクチャを設計・開発する人と、アプリケーションを開発する人たちが同じ場所において頻繁に議論をし、フィードバックループを何回も繰り返していくということが重要だと思います。それが離れてしまっていると、例えば数箇月に1回集まってというふうにやっていると、フィードバックがかからないわけですね。それが一番重要だと思います。

現在、東大のF SでやっているCo-designは、2か月で1ループするようなCo-designをしています。それは概念設計レベルで企業側が設計パラメータを出してきます。その次の月に性能推定用のツールが出てきます。アプリ側はチューニングをしながらそのツールを動かして、みんなで一緒に結果を見て、どこを改良しようかというのを双方でやるということをやっています。それを、今度始まったならば、汎用部だけではなく加速部もそうだし、全体も含めてやっていくと。そのCo-designが集中的にやられるのは最初の基本設計のところなので、2年間が一番重要なフェーズだと思います。そこでしっかりみんなが集まってやれる場をつくるのが重要だと思っています。

【理化学研究所】 「京」の開発をしたときとは全く状況が違います。今は「京」の運用に責任を持っている理化学研究所の計算科学研究機構が神戸にあります。運用の部隊がいて、この人たちは「京」の最初の実験のときから関わっているわけですね。同時に、計算科学研究機構には研究者としてスパコンを設計する、あるいは、デザインする計算科学の研究者たちと、スパコンを使ってサイエンスやエンジニアリングを展開する計算科学の研究者、この人たちが同じ建物の中にいるわけですね。ベンダーの中で「京」の開発に関わった方も、今度、ポスト「京」のところでいろいろ力を貸していただけるように、機構の中にお迎えをしております。

そういう意味では、機構の中でこれまでの「京」の開発で培われた様々な経験とか知見をそのまま活かせる形になっております。「京」を動かして1年近くでございしますが、運用でも様々な課題が出てきています。そういうことも次のポスト「京」に向かって解決していかないとはいけません。そういう意味では、「京」を開発したときとは全く違う状況になっておりますし、「京」での知見や経験をうまく継承し、発展できるような体制が組めるのではないかと私どもは考えております。

【理化学研究所】 私が言う立場にあるかわからないですけれども、大きく違うのは、「京」の開発のときは何もなかったのですけれども、「京」の利用を通じて戦略5分野という形である程度ユーザーがオーガナイズされたということが非常に大きいのではないかと。それによってアプリケーション、いろいろなものをコミュニティからフィードバックを受けてミニアプリをつくったり、そういうふうな活動ができるようになってきたというところが、今回のCo-designができるようになった一つの大きな要因です。

以前はそういうユーザーがオーガナイズされていなかったということで、今回はもう少しタイトにユーザーコミュニティ、あるいは、計算科学、それから、そのバックグラウンドの実験をやっている方々も含めて、議論できるようなコミュニティがだんだんできてきたというのは非常に大きいのではないかなと思

っています。

【理化学研究所】 Co-designに関して、日本で決して伝統がないわけではなくて、筑波大学の計算科学研究センター、前身が計算物理研究センターで、92年発足ですから、もう20年やっているわけですけれども、当初は格子QCDという割合限定されたアプリケーションの人たちと計算機科学の人たち、それから、ベンダーの3体と一緒にあって計算科学を20年間やってきて、だんだんアプリケーションの幅を広げるということをやってきています。今回の開発ではそちらの伝統をかなり取り込んでいると。そして、それをより大きく広げる形でCo-designを進めるということをやっているという意味で、決して今回全く新しく始めるというわけではないということもご理解いただければと思います。

【座長】 ありがとうございます。

ほかにご質問ございませんか。では、委員、どうぞ。

【委員】 ビッグデータというのは「京」のときになかったキーワードなので少し質問、クラディフィケーションをさせていただきたいのですが。ビッグデータは今いろいろな意味で使われているので、比較的曖昧な言葉だと思っただけで、第三の科学と言う意味でのシミュレーションに対して、第四という意味でビッグデータという言葉が使われることがあって、特に気になったのは人材育成の部分です。

ビッグデータと言った場合には、データ当たりの計算量を押さえるためのモデリングとか解釈、分析というクレーターの育成が重要だということ言われていますが、この枠組み、ここで言うおられる人材育成とは異なるような気がして。もし大規模な観測データというものに焦点を絞っておられるのであれば、そのような形で発信されたほうがいいと思いますし、もっと大きな可能性を見ているのであれば、もう少し具体化されるということも必要ではないかと思えます。

【文部科学省】 ご趣旨を十分踏まえているかどうかですが、この人材育成というのは、エクサスケール・スーパーコンピュータの開発プロジェクト通して人材育成するという構想でお話し申し上げているところですが、観測データなどの様々なビッグデータをどのような形でスーパーコンピュータのシミュレーションデータと統合分析を進めて一定の解を求めていくのかということは、まだ十分には見えていない部分があるわけです。

一方で、ビッグデータそのものは定義がございませんので、異なる超大規模のデータを構造化してリアルタイムで解析していくようなことについても、チャレンジングな課題ではございますけれども、これは、別途、文部科学省といたしまして、ビッグデータに係る研究開発も行っておりますし、またビッグデ

ータの統合解析を進めることができるようなデータサイエンティストあるいはキュレーターといった人材育成についてのプログラムにも、取り組むべく概算要求もさせていただいているところがございます。これらのプログラムにつきましては、現在もフィージビリティスタディを行っておりまして、例えばこの総合科学技術会議との関係で言いますと、アクションプラン特定施策の中の一部として登録させていただいているところがございます。

【委員】　ということは、連携といった枠組みを今後検討されるべきところであると認識されていると聞いていいですか。

【理化学研究所】　そのとおりだと思います。ビッグデータとシミュレーションというのは対立する概念ではなくて、むしろお互いに連携することによってお互いがよくなることですので、我々としてはビッグデータの研究者の集団と一緒に連携をとってやっていきたいと思っています。

【理化学研究所】　今現在見えているビッグデータは、先ほどお話のあったXFELですね、播磨から出てくるデータはものすごい量のデータが出てくるのですけれども、それを「京」で処理をするということをやっています。先ほどの宿題にもなったのだと思いますけれども、2020年においてどうなるのだというのは、更にデータは増えますので、ビッグデータとしてどう扱うかというのが重要になってきます。

それから、もう一つ見えているのが17ページにある次世代ゲリラ豪雨予測ですね。これもビッグデータの一つの例として挙げさせていただいています。ということで、基本的に今考えているのはそういった観測データを中心にしたものが多いです。

【理化学研究所】　少し補足しますと、確かにビッグデータの定義が不明瞭で、ここでは少し幅広く書かせていただいているようなところはありますけれども、1つはXFELのものと、もう一つは気象での観測データとか、幾つか例は上がっています。ただ、これ以外に、いわゆるちまたで溢れるビッグデータというものも今後考慮していきたい。例えば、社会科学で使われるようなところで考慮していきたいと考えています。

【座長】　ありがとうございます。ほかに何かご質問ございませんか。

私のほうから、今まで体制とかスケジュールの話がなかったので質問させていただきます。

1つは、体制のところを見ますと、開発主体としては理化学研究所が想定されていますけれども、ほかに企業が、ここではA、B、C、Dと書かれて、参加が想定されています。この辺まだ決まっていないと思うのですが、いつごろに研究体が決定するのか、そういうスケジュール的なところを教えてください。それが1点。

それから、もう一つは予算のほうで、1,200億円程度の総額予算が書かれておりますけれども、「京」のときですと、確か神戸に「京」の設備を建てるための箱物予算も含まれていたかと思うのですけれども、そういったものは今回含まれているのか。例えば、「京」と同じ場所に設置するから、その辺は少ないのだとか、そういったところを教えていただきたいと思います。

【文部科学省】 まず、前者の体制についてでございますが、開発主体は、今要求中でございますので、年末とか年明けとか、政府としての予算案が決まった段階に決定したいと思っております。また、企業については、実際に予算が成立した段階、2014年度からということで考えていきたいと思っております。

それから、予算についてでございますが、これは確かに建屋の値段は入っております。最終的に立地をどこにするかという決定は開発主体の議論とも絡むので、まだ対外的には決めていないということですが、我々の一つの考え方としては、おっしゃるとおり神戸のところに置くということも想定しております。そういうことも考慮して建屋の部分は入っていないということでございます。

【座長】 ありがとうございます。

ほかにご質問ありますでしょうか。かなり時間が押してまいりましたので、ほかになければ、今回はこれで質疑を終了させていただきたいと思っております。

文部科学省におかれましては、本日出された質問に対してまた書面で回答いただきたいもの、あるいは、今後、議論の中で追加で質問して回答いただきたい事項、あるいは、追加の資料の提出をお願いすることもございますので、追って事務局から連絡させていただきますので、よろしくお願いいたします。

また、第2回の検討、10月30日、15時を予定しておりますので、これへの対応もよろしくお願いいたします。

きょうは、大変長い時間でしたけれども、説明いただきましてありがとうございます。

(文部科学省 退室)

【座長】 それでは、ただいまのご説明を受けまして、ここから議論に移らせていただきたいと思います。

今日はかなり時間が押してまいりましたので、議論の足りない部分は、意見あるいは追加の質問として後でメールで出させていただくことになるかと思っておりますが、重要な点についてはできるだけ今日出させていただければと思います。

まず最初に、皆さんにも他のご意見があるかと思っておりますが、事務局が用意してくれました「評価の視点」の範囲で考えられること、あるいは、重視すべき

ことがありましたら、その辺からご意見を伺っていきたいと思いますので、よろしく願いいたします。

【委員】 質問になってしまうのですが、エクサスケールのスパコンについては、知財を戦略的にやるということは含めないでよいというご判断でしょうか。

【座長】 確かに今日の資料には一切知財の話は載っていませんね。これは逆に質問にしたほうがいいのか。文部科学省への質問にするのか。

【事務局】 その観点が重要かどうかというところもこの場でご議論いただき、重要ということであれば質問事項として加えるということかと思えます。

基本的にはご質問として取り扱わせていただきたいと思います。

【委員】 今の質問は、積極的に知財をとっていくという表明がなかったということなのですか。それとも、知財的な問題は絡んでいるはずだと、どちらなのでしょうね。

【委員】 前回「京」のときにお伺いしたところでは、「京」ではベンダーさんに知財管理を任せていたということだったのですが、今回、Co-designとかいろいろありますし、ソフトは科学技術系はオープンだと思うので、そのあたりも含めて知財をどうするのかとか、最終的に何を国際的にエクスポートしていくのだとか、そういった観点はあまりなかったなという印象を持ったのです。

【委員】 間違いなく知財は必要ですよ。ですから、どこに知財のポイントを置くかというのを宿題事項に書けばいいですね。

【座長】 ほかにご意見があればどうぞ。

【委員】 私も先ほど言いましたし、もう少しわかりやすいものがほしいですよ。はっきり言うと、企業感覚から言うとこれでは社内資料で通りませんね。

【委員】 これは通りません。皆さんも全く同じことを考えていらっしゃると思うのですが、それでも、「京」からエクサにして何ができるのだと。「京」ではできなかったことが、エクサになって何ができるかということを確認を示してもらい必要があります。

【委員】 本当のことを言うと、「京」の前の段階で、「京」でここまでやったのだけれども、その問題がなお必要だという、ホップ・ステップですよ、本当は。

【委員】 そうですね。そういったところと、もう一つは、私は産業界出身ですから、今の時代、安倍政権のときに産業応用でこういったことが産業競争力が強くなりますよといったことを言えないと、それは通らないと思うのですね。もちろんサイエンスも必要だし、社会貢献とか地球環境への貢献なども必要だけれども、やはり産業応用ですよ。産業応用が非常に不明確。それから、CP

Uを自ら自主開発する、ここのところももう少し整理してもらいたいですね。

【委員】 後者ではなくて、前者のほうは私は専門ではないのでわからないのですけれども、ぱっと見た感じ、このエクサスケール・スーパーコンピュータというのは、コンピュータの世界の中での延長線上の点というふうにとられるのか。極端な話、乾電池がだんだん性能アップしたのを、今まで2本並べたものを5本並べれば当然いくという。乾電池も進んでいますよね、省エネで。そういう発展なのか、あるいは、とてつもないブレークスルーがそこにあることをねらっているのかというと、どうも前者っぽいのですよね。もちろん、スパコンの世界はそうなのですが。

ということは、これを行っているうちに欧米でとんでもないブレークスルーが上がってきたときは、ものすごいコンパクトですごいものができてくると。例えば放射光に対するX線自由電子レーザーだったら全く違う世界ですよ。でも、筑波のPFからSPring-8というのは想定内というか延長線上ですよ。どちらかというと、そういう延長線上の話なのだなと直感的に思ったのですが、そういうとらえ方でいいのでしょうか。

【委員】 私も全く同じ印象を持っています。アーキテクチャの観点からいって、ブレークスルーというよりは、現在の延長線上で考えあぐねたのでしょうか、いいアイデアがまだ出ていないなという感じを持っています。2つの性質の異なるものをヘテロにして、そこをどう調整するかという方法論もよくわからない状況で、目標としてはいろいろなアプリケーションで100倍を目指すという形でくくってはあるのだけれども、ちょっと説得力が弱いという感じがします。具体的にこのアプリケーションだと確実に何かを達成できるというものがないと、なかなか理解しづらいと思うのですね。

【委員】 先ほど私申し上げましたけれども、具体的にどういう分野をスーパーコンピュータで計算したいか、何でもかんでもやるのではなくて、ここをやりましょうと決めるべきです。そうすると、この手の計算が必要というのが分かってきます。それに合わせたアーキテクチャがあるはずで、それを設計していく。それこそがまさにCo-designです。ところがCo-designという言葉だけが先行しているような気がするのですね。

【委員】 私は延長上どころかもっと悲観的に考えます。今の延長上でエクサが達成できないから、アクセラレータで無理やりやってお茶を濁している。Co-design、Co-designと言いながら、私もこの間に散々アプリを提供して、Co-designしてもらえるものだと思って一緒に議論もしたのですが、きょうの話はCo-designでは全然ない。とにかくエクサありきで、それについてくるアプリもないわけではないというような話ぶりであった。Co-designではなく、我々が提示するアーキテクチャに対して適合するアプリをこれから6年かけて

考えていきたいと思います、そういうふうに聞こえました。

【委員】 だから、アーキテクチャ的に見るとこういう格好しかいかないですよ。地球シミュレータのときと「京」と比べるとかなり変わったと思うんですよ。前はネットワーク自体が同軸ケーブルでやっていたわけですから。そういうのが光になってかなり変わってきたし、今回だと二・五次元の実装のことをちょっと言っておりましたけれども、なかなか三次元のところまでいけないのですけれども、ブレークスルーを求めながら何とか頑張っているというところではないですかね。

【委員】 もしそうであれば、くどいようですけれども、2020年のときに産業界の期待というのをもう少し出したほうがいいと思うのです。先ほどSpring-8とかほかの実測が2020年どうなっているかと。例えば、期待される効果ということで、15ページに安全性の高い自動車開発と書いてありますよね。

あえて自分の薬のことを言うとあれなので違う分野のことを言いますけれども、私は東北大学の工学部と懇意にしているのですけれども、自動車の世界でも将来で今問題になっているのは、自動運転とか自動走行、それから、車間距離をもっと詰めることは風圧軽減に影響して、それがすごい省エネルギーにつながるのだと。しかし、種々の情報を集めながら自動走行するというのはすごい大変なことだと言うんですね。

それをどこでコントロールするかと、そういうような問題が2020年に出てきたとすると、トヨタが描いているような2020年、近未来的なこと、それから、自動走行というのは、言葉は悪いですけれども、超高齢者が突然運転中に意識を失っても、それを感知して自動走行して安全に停止するというようなこともできると。トヨタの中ではそういうことが議論されているのですね。そういうような2020年のところに、こういったコンピュータが活躍するのだという、1位をとるかどうかではなくて、重要だという大きな市場もあるということだと思ふのですよ。

それから、薬のことで言っても、新薬のスクリーニング加速云々というのは、スクリーニングが加速されても本当に重要なのは、どういう疾患を対象として臨床試験まで実施するかです。そこはスパコンが貢献し難い部分だけでも、もしスパコンに期待するなら、私はアルツハイマー治療だと思うのです。アルツハイマーという病気では、実際に発症する10年前から脳内にアミロイドがたまっているとの情報です。たとえば、40代のこういう状態の健常人をスパコンでシミュレーション加速して10年後、その人が将来アルツハイマーになるかどうかを予測し、予防できれば意義は高いでしょう。

今、東北メディカルメガバンク等でやっているコホート研究の健常人と患者

の差異等、2020年頃にはそういうデータが出そろってきていると思います。即ち、そういうコホート研究での実測データが揃った時点、2020年にはアルツハイマーに関する情報もかなり蓄積されていると期待されます。実際に、米国アルツハイマー研究会ではアミロイド蓄積に関わるコホート研究が始まりつつあるとの情報です。そういった疾患克服に関して、このエクサの活躍が期待されます。例えば、画像診断の場合に、膨大な画像比較を瞬時に行うということはすごい大変ですよ。莫大な精密画像を処理したら今のコンピュータは止まってしまうのだけれども、将来のエクサではそういうことはないと思います。そういうような将来設計ができていないなという印象を持ちます。

【座長】 今おっしゃったように、対象領域のところがどうも曖昧であると。「京」のときは戦略アプリケーション分野とってはっきり示したのが、今回はかえって後退しているように見えるというのがありますね。今後意見をまとめていく中で出てくると思いますが、こういった分野にプライオリティをつけていくのが必要かと思います。あるいは、アメリカなどの軍事目的の開発は我が国の場合は完全に違いますから、そうであるならば、純粋科学技術も重要でしょうけれども、産業分野での徹底した応用とか価値を主張していくような設定をしていかなければいけないということでしょうね。

【委員】 今、先生おっしゃったアルツハイマーとかI T Sとか、将来非常に重要な分野をもっと徹底的に分析したら、こういったデータ量で、こういった計算が多いかということがわかってきます。そうすると、当然のことながらコンピュータ全体の構造の最適化ができていくわけです。計算の手法がわかれば、チップの中にどれぐらいのプロセッサ数を入れて、オンチップのメモリはどのぐらいだということも当然出てくるわけです。そういったところまで詰めてベンチマークをしていくべきです。

加えて、メインのベンチマーク、評価の基準をおさえて、別の応用・計算でもこのぐらいの性能が出ますよ、主なアプリケーションはこういったところですよ、類似した計算はこのようなアプリケーションにも広がりますよと、こういった説明をしてもらうようにしましょう。

【委員】 そうですね。

【座長】 あと、先ほど質疑応答でございましたけれども、ベンチマークについても、国際標準との関係が重要だと思います。国際標準を先に定めてベンチマークを認めさせる形にしないと説得力がないと思います。先ほどの説明を聞いていると国際標準をすることは誰かがやってくれるでしょうというような表現をされていたので、その辺も主体的に誰がいつまでどうやるのかということを決めていくことが必要でしょう。

【委員】 国際標準をとるのは日本は最も下手なのですよ、はっきり言いま

して。ご存じのように、分野的には。ですから、これはなかなか難しいですけども。

【委員】 絶対それはやらないと駄目ですよ。今のLinpackのようなものが何で非常に長く標準になっているかよくわからないですけども。

【委員】 国際標準も非常に危うい話なのですが、今のアプリケーションの話なのですが、そもそも「京」に続くスパコンが必要だということが出発点になっているように見受けられます。いろいろなアプリケーションができますよと幾つかの事例を示しているのにすぎないわけですね。

我々が問いたださなくてはいけないのは、実際に現場の研究者レベルにおいて「京」を使っている人達が、具体的にどこに限界を感じているか。あるいは、「京」すら使えない人達はどのようなスペックのものを求めているかという、市場調査をしているのかしていないのか。していない場合は架空の想定になってしまうわけです。

ですので、これだけお金を使うのであれば、誰がこういった性能のスパコンを使おうとしているか、また、使うスペックは何かということ調査してほしいです。その辺の調査をどこまでやっているのかというのを聞いていただければと思います。

【委員】 先ほど質問した5大分野に関して、グランドチャレンジとして、最適アプリケーションの適用化等を検討していると思います。そこの部分については先ほどまとめている最中だということで、出てくるのではないかと思うのです。それは重要だと私は思いますね。

【委員】 私はその分野の一つに入っている者として、エクサ計画についてあまり期待が高すぎるのではないかと心配します。例えば、今回エクサ計画で100倍の高速化は、ベンチマークのLinpackではいくでしょう。でも、実効性能は今の「京」の大体20倍がいいところですね。スピード20倍といっても、三次元の陽的計算では時間も入れて4乗根倍ですから、2倍強、すなわちエクサでシミュレーション分解能が2倍に改善する。だから、その程度の話なのですね。

でも、それは大事で、それで例えば気象でも分解能1キロメートル、500メートル、200メートル、100メートルと高解像度化ができてきたからこそ、今の気象予報があるのです。今の「京」で終わりでもないし、ポスト「京」でもエクサでも終わりでもないし、その次も次もずっと開発を続けなければいけない。そのために今回のエクサスパコンの開発があるのです。今やめてはいけないという理由でもいいのではないかと思うのですが、何か頑張りすぎている、あるいは、計画に対する要求がきつすぎる。「京」ですべて問題は完成します、世の中安全になります、地震も起きませんとつい言うってしまうエクサ

でまた同じことを言っているような気がしてならない。どこかで、「無理しなくていいのですよ」と言ってあげるのも要るのではないですかね。

【座長】 そういう継続性を主張するというのはあるかもしれませんが。10倍、100倍、1000倍というのが継続であると。ただ、税金を払う国民から見るとなかなかそれを納得してもらえないでしょうね。8年に一遍1,200億円かと。

【委員】 今、継続性という話もあったので。その観点から言えば、今動いている「京」をいつまで運用して、その建屋は継続して使うのか使わないのか、そういうことがこの開発スケジュールには全く書いてないの。継続していくことが重要だというのであれば、今ある「京」をここまで使い倒して、その後、ポスト「京」でこういくのだというロードマップがあるといいなと思います。

【委員】 でも、先ほどの私の質問からすると、「京」とポスト「京」は同時には稼働しないし、昨今の電力事情を考慮し、関係研究者の集中度等を考えると、間違いなく今「京」があるところに設置することが前提との印象ですが。先ほどそういう質問がありましたね、そう考えないとおかしいのですよ。それから、先ほど言った機構の人間も考えると。だから、「京」があったところにポスト「京」をつくるというか、「京」とポスト「京」は並立しないと思いますよね。これは放射光のように実計測施設として新旧何個あってもいいよという問題ではなくて。そう考えると、難しいのですけれども、具体的な会社とか出ていないから書けないのですけれども、本当のことを言うと結構緻密に考えておかないと厳しいですよ。

【委員】 私は情報基盤センターというところにおりまして、スーパーコンピュータの全国共同利用サービスをやっております。先ほど「京」が停止している間は大学のスパコンでニーズを吸収してもらおうという話がありましたが、私としては初耳でした。もし、そうであれば、緻密に計画を立てた線表がないと、我々だってどれだけニーズにこたえられるのかわからないです。

【委員】 伊勢神宮方式というか、新しいものを隣に交互につくり続けていく考え方は事業の継続性を考えると大事なことなのではないかと思います。例えば、エクサスパコンを全然違うところにつくったら、効率が悪いだけの問題ではすまないし、新しい運用機関は前の機関を全否定するところから始まるとすごい損失になってしまう。

【座長】 いかがでしょうか。かなり重要な視点が出てきたと思うのですが、今回の評価の視点に書かれていないようなこととか、ほかに重要と思われることがもしもありましたら、今のうちにご指摘いただければと思います。

【委員】 私、文部科学省の「京」の事後評価の委員だったのですけれども、ハードの部分を担当したときにアプリケーションは別の部分でやっていて、ハ

ードのときはアプリケーションを質問するなど、アプリケーションのほうにはハードを質問するなど。もちろんずれているせいがあったのですが、本当はアプリケーションがあつてのハード、ハードあつてのアプリケーションだと思うのですね。そういう意味では、ぜひきょう出たような形でうまく一体化して、どちらが先行してもいけないということをぜひ意識していただきたいなと思います。

【座長】 今のは評価の仕方としてですか。それとも、設計のところでもそうなのでしょうか。

【委員】 設計もそうだと思いますね。先ほども言ったように、まずエクサありきではなくて、アプリケーションを考えた上での取組というので。

【座長】 それに関して、Co-designというのが今回打ち出されているのですが、確かに疑問なところがあつて、いっぱい掛け声は言われているのですが、そのメソドロジーとか方法論がちゃんとあるのかと。どうやればCo-designができていると評価するのかというのが曖昧だなと。「これは前からやっていたらっしゃったのですか」という質問があつたときには、確かアメリカにCo-designセンターがあると。それはどこかにあるから持ってきたということだけのように聞こえましたね。

【委員】 ですから、Co-designはずっと昔、20年か30年くらい前からありますね。

【委員】 そういう関係では初めてかもしれませんが、最近Co-designは企業では当たり前に行われていますよ。

【委員】 Co-designは私も理解が難しく、「京」というものがあるので、「京」ではCo-designの枠組みを使わなかったから、ここがうまくいかなかったというところを今度は改善するのだというような例があるとわかりやすいのかなと思って聞いていました。

【委員】 「京」でも最初は基本設計をするときに必要なアプリケーションを21個集めて、ターゲットアプリと言ったかな、それで進めたのですが、いつの間にか計算機10ペタとるのが目標になってしまって、アプリがそのうちどこかへ行ってしまった。今回もそうなりそうな気がして心配です。

【委員】 アプリケーションへの対応が遅れましたよね。

【委員】 そうなのですね。社会への説明、世界一をとるのだとか、それが重荷になってしまう。今回はそれが反動となつたのか、Linpack優先か、アプリ優先かと聞くと、もちろんアプリですという答えが戻ってくるけれども。

【委員】 それもまだ昔の1980年代とか90年代のスピードナンバーワンでトップに立ちたいというのがちょっと強すぎますね。フレキシブルに柔軟性のあるコンピュータをつくらうとか、そういう話は全然なかったですね。

【座長】　　そう言えば「スケーラブルな」という言葉が一つも出てこなかったですね。

【委員】　　それから、性能と電力というのは違った軸なので、その辺のバランスをどうとるかというのは大変難しいのですよね。今回の提案で、性能だけでなく、そういう新しい評価軸について記述したものがあればいいですね。

【委員】　　電力は「京」を超えられないでしょう。消費電力が「京」を超えてはまずいでしょう。

【座長】　　その辺の指標も求めると、今度は性能当たり電力という言い方をされるのですね、性能当たり電力でいいのだと。

【委員】　　難しいですね。

【委員】　　サステナブルシステムとキーワードだけ入れているのだけれども、何をもってサステナブルと想定しているのかというのがはっきりしていないのですね。例えば、電力消費に非常にファクターであって、コストの面からも考えなくてはいけないのだけれども、その辺の説明が、サステナブルというのはそういうにくくれるのか、くくるのであればどういうふうに考えているのかというのがほしいなというのがあります。

それから、9ページのところで従来の手法とCo-designというのがあるのですけれども、これはあまり説明しすぎてしまうと、「京」のときにソフトとハードで手に手を取ってという説明をしていたので、自己矛盾が生じてしまうのですね。だから、Co-designに移るのはいいのだけれども、具体的にどういうふうにオペレーショナルな形でやっていくかというのを担保してもらわないと。単純にみんなが同じ場所にいるだけだったら、本当にCo-designになるのかというのは先ほどの説明でもわからなかった。

【委員】　　これだけいろいろなアプリケーションが書いてあって、どういう視点でCo-designするのかというのが分からないですね。

【委員】　　先生から見て5分野の中はどのようなのですか、進捗とか何かで温度差はあるのですか。

【委員】　　やはりあるでしょうね。もともとスパコンでの計算が研究イコールの分野が全てではない。だから、やればやるだけ成果が出る分野と、我々の分野のようにスパコンがあればすべて解決するわけではないものもある。先ほどおっしゃったように、観測データとの一致、理論、それらの研究手段を全部足並み合わせて進めていかなければいけないという分野がありますし、それぞれの時期ごとに個々の研究手段の進展差もあると思うので、それほど足並みそろって5分野同時に成果出るというものでもない。

【委員】　　しかし、それは具体的に示してもいいかなと思いますね。その5分野の大事なところなので、必ずどこかに入りますよね、5分野に上げていくと

ね。

【委員】 全然別な話なのですが、成果の普及の水平展開について考えると、日本のシミュレーション、あるいは、計算機技術を底上げする上で、「京」からFX10ができた成果が大きいという説明でしたが、いったいFX10が何台売れているのか。あるいは、京ができたのに、私のパソコンの速度はいつまでたっても全然変わらないというような問題が起きているわけですね。次のエクサをつくることについてもフラッグシップマシンとしてみんなに目標に与える、一部の研究者に大きな恩恵を与えるというだけでいいのか。それとも、日本のシミュレーションのピラミッド全体を大きくして、全体の底上げを図ることが今回はできるのかどうか。

考え方によっては、例えば基幹産業でハードのいろいろな新規開発が一気に進んで直接的・間接的にいろいろなところに波及して、日本のものづくりとなり半導体産業が進むことが期待されますし。エクサスパコンミニチュア版というか、スケールモデルがどんどんできてきて、安価で高速な計算機が日本中に万遍なく行き渡るということも期待できるのですが、その辺をどういうふうに考えていらっしゃるのか。意気込みだけでもいいから聞きたいなと思います。

【委員】 これは拡張性ということを我々は期待しているわけで、ここにも書いてありますよね。スーパーコンピュータがエクサだけで終わっては困るわけですね。それぞれ個別の技術がいろいろな分野に使われていくということを期待しているわけで、その辺の説明を次回ぜひやってもらいましょう。

【座長】 ほかにご意見ございますでしょうか。

【委員】 電機業界というのは、優良企業でも日本の場合は利益率5%なのですよ。普通は2%ぐらい多いのですね。5%としても1,000億円使うということは2兆円ですよ。このスパコンの寿命が大体10年で10年間使うとすると2,000億円の売上で100億円の利益を出す会社を1社ぐらいつくらないといけないわけです。

【委員】 企業的にはそうですね。

【委員】 2,000億円の企業というのはかなりなものですよ。従業員をかなり抱えられるし。

【委員】 製薬会社は比較的いいと言われますけれども、リスクの世界にいきますから。

【座長】 よろしいでしょうか。

時間が迫ってまいりましたけれども、まだまだご意見おありかと思えます。きょうは大変貴重なご意見、また質疑ができて、ありがとうございます。これからまた、次回10月30日の第2回の検討会に向けて、文部科学省に追加の質問を投げるとともに、皆さんのほうからあらかじめ意見も出していただ

くということになっておりますので、その手順については事務局から説明していただきますけれども、きょうのご議論大変ありがとうございました。これで一たん議論は終了させていただきます。

事務局のほうからお願いします。

【事務局】 今後の進め方についてご説明をさせていただきます。先ほどもご説明させていただきましたが、追加質問とご意見をご提出いただきたいということで、サンプルとして「追加質問票」と「意見票」というのをお配りしております。既にご書いておられるという方がおられればそのまま置いていただければと思いますが、基本的には電子媒体ベースで様式をお送りいたしますので、それにご記入いただいてご提出いただきたいと思っております。

これにご書いてございますが、追加質問については、大変恐縮でございますが、次回の検討会に間に合わせるといったスケジュールの関係上、来週の火曜日、15日夕方までという形で切らせていただいております。また、意見につきましては、17日、木曜日、17時までに出していただきたいということでございますが、難しい場合は個別にご相談いただければと思います。

また、意見の収集については、追加質問に対する回答が未着の状態にならざるを得ない部分がございますが、ご意見等については、次回またご議論いただきますので、その時点でのご意見という形でお送りいただければと思っております。

いただいたご質問を踏まえて、今回の宿題と追加質問の内容について次回検討会で文部科学省に説明いただいて、質疑いただくという形にさせていただきます。

また、今日いただいたご意見と追加意見の内容を集約して、次回、論定ペーパーを事務局から提案します。論点ペーパーは評価結果案にかなり近い論点という形でございますが、それをもとに、評価結果のとりまとめに向けたご議論をいただきたいと考えております。

それから、次回の日程でございますが、先ほど申し上げましたとおり10月30日、水曜日の15時から18時までということであらかじめ調整をさせていただきます。場所はこの4号館なのですが、12階の共用1214特別会議室を予定しております。また正式なご案内はさせていただきますが、お間違えのないようにということでもよろしくお願ひしたいと思っております。

【委員】 一点、きょう質疑応答の中で、こういうのがほしいとかいうのを出しましたよね。それはもう一度ここに書いたほうがいいですか。それともきょう言ったこと以外のことですかね。

【事務局】 以外のことを書いていただければ。我々は議事録から質問事項を拾いますので。

【委員】 ああ、そうですか。わかりました。インタミネーターとか誤解があるといけないと、そういうところですね。

【事務局】 そうですね。念のために更に深めてという意図がございましたら、追加いただくこともありでございます。その点は我々のほうで消化いたしますので。

【座長】 念のために書いていただいたほうがいいのではないですか。気になるものであれば書いていただいたほうが。

【事務局】 そうですね、解釈のぶれがあつてはいけない部分もありますから。念のためという意味では。

【委員】 十分言い尽くしたと自分では思っていますので。

【事務局】 ああ、そうですか、であればいかようにも。どちらでも対応いたします。

【委員】 過激度が高くていいですよ。

【座長】 ありがとうございます。

今の説明についてご質問ございませんか。それでは、今日は閉会させていただきます。どうもありがとうございました。

【事務局】

追加でございますが、非公開の資料というのが明確にございましたけれども、また事務局で公表の際整理させていただきますが、今日の資料は委員の皆様限りということでお取扱いいただきしたいと思います。

—了—