

次世代計算基盤検討部会
中間取りまとめ
(案)

令和3年 月
科学技術・学術審議会情報委員会
次世代計算基盤検討部会

目次

1. はじめに.....	3
2. 次世代計算基盤に係る政策・技術動向.....	4
(1) 次世代計算基盤に係る我が国の政策動向.....	4
(1)－1 計算基盤に係る事業の実施と評価.....	4
(1)－2 審議会等における検討.....	6
(1)－3 政府方針等.....	7
(2) スーパーコンピュータに係る各国の取組状況.....	8
(3) 計算科学、計算機科学技術の動向.....	9
(4) 関連技術に係る動向.....	10
3. 我が国における次世代計算基盤のあり方.....	12
(1) 次世代計算基盤の必要性.....	12
(2) 次世代計算基盤を構成する事業の方向性、目的の明確化.....	15
(3) アプリケーション開発の方向性.....	20
(4) 効果的な運用、利活用促進について.....	20
(5) 分野振興、人材育成について.....	20
4. おわりに.....	21

1. はじめに

- ・ 令和3年3月9日、スーパーコンピュータ「富岳（ふがく）」の共用が開始された。「富岳」は、我が国の科学技術の発展、産業競争力の強化、イノベーションの創出や国民の安全・安心の確保につながる最先端の研究基盤として平成26年度から開発された。世界最高水準の性能と汎用性を有し、共用開始前より、新型コロナウイルス感染症対策に一部の計算資源を緊急的に活用し、積極的に成果公開を行ってきたが、今後、さらに様々な分野で活用され、「富岳」の成果を国民がいち早く実感できるようになることとともに、「富岳」を用いることで初めて得られる成果が継続的に生み出されることが期待されている。
- ・ 令和3年3月に閣議決定された第6期科学技術・イノベーション基本計画をはじめ、統合イノベーション戦略、AI戦略等において指摘されているとおり、近年、大量かつ多様なデータの収集や活用が進展し、データ駆動型科学が重要視される中で、シミュレーションやAIを活用した研究の重要性がより一層高まっている。さらに、新型コロナウイルス感染症の拡大を契機として、研究のリモート化やスマート化、研究設備・機器への遠隔からの接続、データ駆動型研究の拡大など、世界的にも研究活動のデジタルトランスフォーメーション（研究DX）の必要性が高まっている。
- ・ また、令和2年12月に取りまとめられたデータ戦略タスクフォース第一次とりまとめ、令和3年7月に取りまとめられた半導体戦略等でもデジタルインフラやそれを支える半導体技術の重要性が指摘されているとおり、社会のデジタル化を進め、サイバー空間とフィジカル空間の融合によって新たな価値を創出していく Society 5.0 を実現するため、スーパーコンピュータのみならず、データセンターからエッジコンピューティング、それらを繋ぐネットワーク等様々な形態の社会情報基盤がますます重要となっている。また、これらの基幹技術を自国で保有することは経済安全保障の観点からも重要である。
- ・ 主として計算資源、ネットワーク、データ基盤で構成される科学技術・学術情報基盤は、科学技術の様々な分野において不可欠な研究開発基盤であるだけでなく、我々の社会が直面する様々な課題の解決を加速する社会情報基盤の発展をけん引する役割も担っている。
- ・ このように科学技術・学術情報基盤の重要性は高まる一方で、ムーアの法則の終焉や、我が国の半導体産業の衰退等、周辺の技術的・社会的・産業的課題は多い。

- ・ ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤を、国として戦略的に整備すべきことは論をまたない。一方でそのあり方については、国内外の政策動向や技術動向を踏まえ、社会情報基盤全体の動向を注視しつつ、研究開発・技術開発の継続性維持とそれに基づく人材育成・確保の観点も含め、科学技術・学術研究の発展、ひいては社会的課題の解決を支える科学技術・学術情報基盤全体における計算基盤の位置付け、意義、必要性、等を改めて整理しつつ、検討を行うことが必要である。
- ・ 本部会は、次世代の計算基盤、データ処理環境及びネットワークに係る事項について調査審議を行う組織として、令和元年10月に科学技術・学術審議会情報委員会の下に設置された。
- ・ 社会の大きな変化を踏まえ、ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤の在り方について、科学技術・学術情報基盤全体における計算基盤の役割、計算基盤の活用（計算科学及びAI・データ駆動型科学等）により期待される成果、計算基盤を構築し運用する計算機科学の立場などから学术界、産業界等における今後のニーズ等について、委員や有識者からのヒアリングを行いつつ議論を行った。（具体的なヒアリング内容は別紙1のとおり。）
- ・ 今般、ここまでの議論を一旦とりまとめ、ポスト「富岳」時代に求められる次世代計算基盤の在り方の方向性について、中間まとめとして報告する。この方向性を踏まえ、今後必要な調査研究等を行いつつ、引き続き検討を行うことが必要である。

2. 次世代計算基盤に係る政策・技術動向

(1) 次世代計算基盤に係る我が国の政策動向

(1)－1 計算基盤に係る事業の実施と評価

- ・ 文部科学省では、スーパーコンピュータ「京（けい）」（以下、「京」という。）を中核として、国内の大学等の主要な計算資源を学術情報ネットワーク（Science Information NETwork（SINET））で結び、全国の利用者が一つのユーザーアカウントで用途に応じて多様な計算資源を利用できる革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ（HPCI）の整備・運用を平成24年度から開始した。また、平成26年度から令和2年度にかけてスーパーコンピュータ「富岳」の開発・

整備を推進し、令和3年3月から「富岳」の運用を開始し、現在は「富岳」を中核としてHPCIを引き続き運営している。

- ・ スーパーコンピュータ「京」は平成17年度に開発を開始し、平成24年度に運用を開始した。安定した高い稼働率で運用され、多くの優れた研究成果を創出し、令和元年8月に運用を終了した。HPCI計画推進委員会及び情報委員会では、「京」の運営の事後評価を令和2年度に実施した。この中では、
 - ・ 医学、化学、物質科学、気象・防災、生命科学、ものづくりなど広範囲な分野において「京」でなければ実現し得なかった画期的な成果が多数創出されたこと
 - ・ 「京」の開発・運用を通じ、開発・運用とともに高度化研究を行う研究拠点が形成され、国内外の大学等教育機関や研究機関との連携により技術の波及や人材育成が進んだこと
 - ・ ポスト「京」として開発された「富岳」の開発、運用及び活用に対し、必要な計算機科学及び計算科学の様々な技術や知見を与え、現在の我が国の科学技術・学術計算基盤を構築する世界最先端の計算機科学及び計算科学の発展に貢献したこと

等により、「京」が計算科学(Computational Science)及び計算機科学(Computer Science)全体の発展に果たした役割は大きいと評価されている。

- ・ さらに、今後の展望として、
 - ・ 「富岳」の高い性能を活かした成果、「富岳」を用いて初めて得られる新しい科学技術の成果が継続的に生み出されることが望まれる。
 - ・ 計算科学・計算機科学の中長期的な展望についても「富岳」を活用した検証が実施され、「富岳」以降の中長期的な計算基盤の在り方の議論に活かされることを期待したい。

等が指摘された。

- ・ 加えて、同年度にはHPCIの運営の中間評価も実施された。「高速ネットワークにより「京」及び「富岳」を中核として国内の大学等のシステム(いわゆる第2階層計算資源)や共用ストレージを結んだシームレスな利用を実現する計算環境の構築により、世界トップクラスのスーパーコンピュータやその他の計算資源をユーザが容易に利用できる計算科学技術環境を実現する」という事業目的に対し、オールジャパンで研究ニーズと計算資源をマッチングし、多様な分野において優れた研究成果が創出されたこと、適切な利用者支援等により利用者が拡大されていること等の観点から、引き続き我が国の科学技術・学術の発展を支えるインフ

ラとしてその運営を継続すべきと評価されている。また、令和2年度に新型コロナウイルス感染症対策に資する課題の臨時公募を行う等、緊急事態への迅速な対応に当たり、国内の主要な計算基盤を有効に活用する枠組みとして機能したことも高く評価された。

- ・ また今後の展望として、HPCI の長期的な発展については、今後の我が国の科学技術・学術を支える情報基盤の将来像、利用者の需要の動向、新規分野への利用拡大、新しい技術やアーキテクチャの導入の必要性、人材育成の機能強化などについて、世界的な動向も踏まえながら様々な立場からの意見を集約しつつ、今後引き続き検討する必要がある、と指摘されている。

(1)－2 審議会等における検討

- ・ 平成29年6月に設置された「HPCI 計画推進委員会 将来の HPCI の在り方に関する検討ワーキンググループ」において、計算科学及び計算機科学を取り巻く状況の大きな変化を踏まえ、将来の日本の計算科学及び計算機科学のあり方についての検討が行われ、令和元年6月に報告書が取りまとめられた。その中では、将来の HPCI のあり方について、
 - ・ 最先端の科学的成果を創出するための HPCI を、引き続き整備・運用していくことは我が国の科学力、産業力等の維持・向上に必要不可欠。
 - ・ 将来の HPCI の姿を具体化していく上で、アーキテクチャの多様性とプラットフォームの整備、データ利用基盤の構築、ボーダレス化の進展、人材育成に十分留意しながら検討すべき。

といった方向性が提言されている。

- ・ 本部会の下に設置された「次世代学術情報ネットワーク・データ基盤整備作業部会」においては、Society 5.0 を具現化するための新たな価値創造システムを構築する必要性やオープンサイエンスの概念が世界的に急速な広がりを見せている状況を踏まえ、次世代の学術情報ネットワークとデータ基盤整備の在り方について検討が行われ、令和2年7月、「次世代の学術情報基盤ネットワークとデータ基盤整備の在り方について（審議まとめ）」が取りまとめられている。この中では、我が国の大学・研究機関が国際競争力を保ち、優れた教育研究活動を展開していくためには、セキュアで高度な教育研究環境の持続的な確保につながる学術情報基盤の整備が不可欠であること等が提言されている。
- ・ 情報委員会においては、令和元年10月に「第6期科学技術基本計画に向けた今後

の HPCI の方向性に関する検討論点まとめ」が取りまとめられ、各種応用分野に強みを発揮する専用機の発展、多様なシステムからなるバランスの取れた HPCI、ソフトウェア技術と人材育成等の重要性が示されるとともに、令和 2 年 9 月には「コロナ新時代に向けた今後の学術研究及び情報科学技術の振興方策について」が取りまとめられ、コロナ新時代に向けた学術研究及び情報科学技術の振興に当たっては、学術研究・情報科学技術が社会の負託に応えられるよう、諸施策の推進を通じ、研究を継続するためのレジリエンスの確保、新しい研究様式への転換及び研究者の交流・連携の担保を実現すべき旨が提言されている。

(1)－3 政府方針等

- ・ 第 6 期科学技術・イノベーション基本計画において、現状認識として、
 - ・ 我が国のデジタル研究基盤については、2020 年、4 つのスーパーコンピュータランキングにおいて、世界 1 位となった「富岳」や学術情報ネットワーク（SINET）などのインフラの整備が進み、質の高い研究・教育に貢献している。とされている。
- ・ また、同計画における「あるべき姿とその実現に向けた方向性」及び「具体的な取組」として、
 - ・ ネットワーク、データインフラや計算資源について、世界最高水準の研究基盤の形成・維持を図り、産学を問わず広く利活用を進める。
 - ・ スパコン計算資源については、2021 年よりスーパーコンピュータ「富岳」の本格的な共用を進めるとともに、国内の大学、国立研究開発法人等のスパコン計算資源について、全国の研究者の多様なニーズに応える安定的な計算基盤として増強する。加えて、次世代の計算資源について、我が国が強みを有する技術に留意しつつ、産学官で検討を行い、2021 年度までに、その方向性を定める。この検討の結果を踏まえ、必要な取組を実施する。とされている。
- ・ データ戦略タスクフォース第一次とりまとめにおいても
 - ・ これまでデジタル化を支えるインフラとしては主に通信インフラが念頭に置かれてきたが、社会全体のデジタル化を支えるためには、通信インフラにとどまらず、データを貯蔵するクラウドインフラ、データを処理し付加価値を与える計算インフラや半導体デバイス、データの信頼性を

高めるためのトラストインフラなど幅広いインフラを念頭にデジタルインフラの整備を図っていくことが求められている。

- ・ また、デジタルインフラとして、スパコン富岳などの世界トップレベルの高度な計算資源を今後計画的に整備するとともに、当該資源を研究者だけでなく企業から国民に至るまで社会の幅広い層が活用できる仕組みを構築する必要がある。

と指摘されている。

(2) スーパーコンピュータに係る各国の取組状況

- ・ 欧米、中国を中心にスーパーコンピュータの開発が活発に行われている。
- ・ 米国で2016年に開始されたExascale Computing Projectでは合計約5,500億円以上が投入され、2021年以降にエクサ級のスーパーコンピュータを複数台導入する計画が立てられている。また、2022年度の予算教書においても、エネルギー省（Department of Energy (DOE)）や国立科学財団（National Science Foundation (NSF)）の関連予算として、高速コンピューティングやネットワークへの支援が含まれている。加えて、国家科学技術会議（National Science and Technology Council (NSTC)）が2020年にまとめた戦略計画では、科学技術や経済的競争力、国家安全保障においてリーダーシップを維持する基盤として、産・官・学・NPOにまたがる戦略的リソースとして、計算資源、データセット、AIに基づくデータ分析等を統合する「コンピューティング・エコシステム」を活用すること、コンピューティングとそのアプリケーションの未来を推進するべく基礎・応用・橋渡し研究開発を支援すること等が戦略目標として掲げられている。
- ・ 欧州のプロジェクト（EuroHPC）では、2021年以降に数百ペタ級のマシンを3箇所に整備する計画のほか、エクサ級のスーパーコンピュータの整備を含め、HPC関連として合計約1兆円以上の資金を投入する計画がある。産業界主導のシンクタンクであるETP4HP（European Technology Platform for High Performance Computing）が2020年にまとめたHPCの技術ロードマップでは、新しいコンセプトとして、HPCを他のデジタル技術と組み合わせリアルタイムなソリューションを作り出すことを目指すDigital Continuumが提案されている。また、デジタルトランスフォーメーション(DX)を加速するための新規プログラムである「デジタル・ヨーロッパ」(Digital Europe)においては、2021年～2027年の7年間で75億8,800万ユーロを投入し、スーパーコンピュータ、AI、サイバーセキュリティ

等の機能強化に必要なインフラを構築し、欧州の DX を促進することが掲げられている。

- ・ 中国でも、エクサ級のスーパーコンピュータに係る研究開発が進められているほか、科学技術・イノベーション関係の主要事項として、デジタル技術の革新的アプリケーションの強化が挙げられており、ハイエンドチップ、AI アルゴリズム等の主要技術の研究開発、ハード・クラウド・ソフトの統合研究開発、量子等の先端技術開発、情報・ライフ・材料等との融合強化等が計画されている。

(3) 計算科学、計算機科学技術の動向

- ・ 計算科学の観点、つまり計算資源を利活用して科学的課題の解決に挑戦する観点からは、超高速・高並列可能な計算資源があればあるほど、計算対象に対してより大規模・長時間・多数の条件下でのシミュレーションが実行可能となる。それぞれの研究分野において、パラダイムシフトによる新たな推論や発見を期待するには、現行のシステムに比して、相当程度の性能向上が求められる。
- ・ また、従来の単なる数値計算だけでなく、AI によるパラメータ推定を活用したシミュレーションの効率化、データ同化による観測とシミュレーションの連携も進んでいる。このような計算科学と AI・データ科学との連携による社会課題の解決など、スーパーコンピュータの利活用の範囲は拡大してきている。また、データ駆動型研究への移行に伴い、新しい大量データの生成を行う機能（実験装置）としてのスーパーコンピュータの存在価値も注目されている。
- ・ 高性能な計算環境の必要性は高まる一方、計算機の性能向上のためのアーキテクチャ・システム等の設計・開発等計算機科学の観点からは、いわゆるムーアの法則の終焉や、従来とは異なる利用形態（外部データベースのデータを直接取り込みながらリアルタイムに処理を行うことや、クラウド技術との連携による柔軟な資源配分等）への進化など、多くの技術的課題があることも事実である。
- ・ これまでに、学术界及び産業界の計算機科学分野の研究者を中心に行われている検討においては、電力消費量を「富岳」の開発目標と同程度と仮定した場合の 2028 年の予測性能は、最も積極的な予測で「富岳」の性能の 3.37 倍（メニーコア型システム）、33.5 倍（GPU 混載型システム）と予測されており（NGACI : Next-Generation Advanced Computing Infrastructure「次世代先端的計算基盤に関する白書」より引用）、更なる性能向上を期待している計算科学側のニーズに応えるためには、ア

アプリケーション開発とシステム開発における協調設計（いわゆる Co-design）をより一層進めるとともに、従来の技術の延長ではなく、飛躍的な技術の開発が必要となることを見込まれる。

- ・ スーパーコンピュータ全体の消費電力は、計算規模の拡大とともに増大しており、システム構築の大きな制約条件となっている。また、「京」から「富岳」への移行期における「フラッグシップシステム」不在の期間の存否についても検討が必要である。
- ・ CMOS デバイスの微細化がコスト的にも技術的にも限界に近づく中で、CPU 単体の性能向上にも陰りが見え始めている。集積度以外の様々な観点から CMOS デバイスを超える性能を持つ新デバイスや原理の異なる新しい計算機アーキテクチャへの期待も高まっている。
- ・ 近年、GPU コア数の増加やアクセラレータ（GPU・FPGA 等）の導入によってアーキテクチャの複雑化が進んでいる中で、これらを管理するシステムソフトウェア技術は、システム全体の実性能を高めるうえで非常に重要な役割を果たしており、その開発や保守技術の維持も大きな課題である。
- ・ また、HPCI のように複数かつ多様なシステムの利活用にあたり、様々なプラットフォームやシステム環境におけるソフトウェアパッケージの管理や、コンテナ環境といった運用に関する技術の重要性も高まっている。
- ・ 「富岳」の開発プロジェクトが開始された頃と比較して、今日では国内外のプロバイダーによるサービスが数多く存在・充実しており、「富岳」でもクラウド的利用を実証研究中である。科学技術・学術研究においてもクラウド計算サービスが広く利用されるようになっており、次世代計算基盤に対しても利用者側の利用形態に関するニーズも従前とは異なることに留意する必要がある。

（４） 関連技術に係る動向

（ネットワーク）

- ・ 国内では、国立情報学研究所（NII）を運用母体とする SINET の運用が 1992 年に開始された。2016 年 4 月からは SINET5 として運用され、日本全国の大学等を 100Gbps の高速回線で接続している。2020 年 3 月末時点で、全国の大学・研究機関等 932 機関が参加している。今後の取組としては、上述した「次世代の学術情報基盤ネット

ワークとデータ基盤整備の在り方について（審議まとめ）」において、400Gbps 光伝送技術と 5G モバイル技術が融合した革新的な「ネットワーク基盤」等による最先端の研究環境「次世代学術研究プラットフォーム」（SINET6）を、2022 年 4 月に、世界に先駆けて実現するとしている。

- ・ 米国や欧州でも、国内ネットワークを 100Gbps 回線から 400Gbps 以上の回線へ増速する計画を推進している。
- ・ 国内外の企業において、光技術の活用による低消費電力、高品質・大容量、低遅延の伝送の実現に向けた技術開発も進められている。

（半導体）

- ・ 過去 30 年間、半導体世界市場の拡大にもかかわらず、日本の存在感は素材や製造装置では一定の世界的シェアを保有する一方で、各種半導体製品における市場では低下している。
- ・ デジタル化の進展、経済安全保障、サプライチェーン強靱化、カーボンニュートラル目標達成など、成長産業としての側面だけではなく、様々な観点での半導体の重要性の高まりを受けて、諸外国は、国際分業の体制の下でも自国技術開発、自国内での設計・生産能力・基盤など基幹技術の確保へと政策を転換している。
- ・ 「京」では国内で CPU 製造を実施した一方、「富岳」では CPU 設計は国内企業で実施したものの、製造は海外企業へ委託した。海外への製造委託については、核となる CPU の設計技術の海外流出防止等、想定されるリスクへの十分な対応策が必要との指摘がある。ただ、次世代計算基盤に引き続き求められるハイエンドな半導体設計・製造技術については、現状を踏まえると、引き続き海外企業との連携が想定される。半導体戦略等を踏まえた関係機関の対応を注視しつつ、自国の技術として確保する部分と、世界的な標準的構成要素を利用する部分の見極めが重要である。

（量子コンピューティング）

- ・ 欧米や中国の企業において、量子コンピュータをはじめとする量子技術に積極的な投資を行っている。令和元年 10 月には、Google が独自開発した量子コンピュータを用いて「量子超越（Quantum Supremacy）」を初めて達成（量子コンピュータがスーパーコンピュータをはじめとする従来のコンピュータを計算能力で上回ることを実証）したと発表している。また、令和 3 年 7 月には、東京大学と IBM が日本初のゲート型商用量子コンピューティング・システムを稼働したと発表した。

- ・ 特に汎用性が高いとされるゲート型量子コンピュータの実用化に向けては、現状、20～30年単位の時間を要すると見込まれているが、海外を含む各機関では研究開発が急速に進められており、これまでの予想より早く汎用型量子コンピュータの実現があり得ることに留意する必要がある。また、ソフトウェアについては、実用化に向けた研究開発の段階であり、従来型の計算機と比べると技術確立の途上段階にある。ソフトウェアについても研究開発の動向に注視するとともに、今後、スーパーコンピュータを活用した量子コンピュータ開発や計算科学の各分野におけるスーパーコンピュータと量子コンピュータの相補的な使い分けと連携システムの構築が想定される。

(脳型コンピューティング (ニューロモーフィックコンピューティング))

- ・ 脳の構造・機能の模倣により、AI処理等に求められる柔軟で高度な情報処理を人間の脳のエネルギー効率に迫る低消費電力で行うことを目指した「脳型コンピューティング」についても、米国・国防高等研究計画局 (Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)) のプロジェクトや、欧州の Human Brain Project 等で研究開発が進められている。
- ・ 国内でも、JSTの戦略的創造研究推進事業 (さきがけ：革新的コンピューティング技術の開拓) や、NEDOの「高効率・高速処理を可能とするAIチップ・次世代コンピューティングの技術開発」における採択課題等で研究が実施されており、コンピュータシステムを進化させ続けるための新しい概念や技術の創出が期待される。

3. 我が国における次世代計算基盤のあり方

(1) 次世代計算基盤の必要性

(科学技術・学術情報基盤の必要性)

- ・ 科学技術・学術情報基盤は、科学技術の様々な分野において研究を支える、不可欠な研究開発基盤であることは論をまたない。今後、HPCとAI・データ科学との融合やリアルタイムデータ処理といった先進的な処理方法等やデータ駆動型科学、研究のDXの進展を踏まえ、ユーザーニーズの多様化、利用分野の拡大や変化等に対応するため、計算基盤、データ基盤、ネットワークが総体として、一体的に運用されることが望ましい。
- ・ 第6期科学技術基本計画等で指摘されているように、サイバー空間とフィジカル空

間の融合による新たな価値を創出し、Society 5.0 を実現するため、HPC を含む計算・データセンターからエッジコンピューティング、それらを繋ぐネットワーク等様々な種類の要素からなる社会情報基盤の構築が重要となっている。最先端の能力を持つ情報基盤を継続的に社会に提供する必要がある、そのための研究開発を継続的かつ戦略的に進めるべきである。

- ・ 社会のデジタル化が進む中、新型コロナウイルス感染症の拡大等、国際情勢の変化により自国で社会情報基盤を開発・製造・運用できるという経済安全保障の観点が高齢化し、関連技術・人材の維持は、ますます重要性が高まっている。こうした技術や人材を維持・育成し、社会情報基盤の発展をけん引するためにも、科学技術・学術情報基盤の果たす役割は大きい。

(HPCI の必要性)

- ・ HPCI は我が国全体の科学技術・学術インフラであり、全国の多様な研究ニーズと計算基盤をマッチングし、優れた研究成果を創出するハブとして機能している。また、新型コロナウイルス感染症が拡大する状況下において、研究の継続や、新型コロナウイルス感染症対応課題を臨時公募し計 14 課題を選定するなど、緊急事態に対応した機動的な研究の実施に貢献した。
- ・ 科学技術の各研究分野においても、更なる実効性能の向上とともに、計算資源の整備・共用へのニーズは高い。また、産業界からも、性能及び利便性の更なる向上とともに多様な計算機環境の提供が継続的に要請されている。
- ・ また、個別分野毎に個別に計算基盤に投資するよりも、HPCI のような共通基盤を整備・活用する方が、各分野の研究の進展と効率的な研究環境の実現や維持の両面から考えて望ましいと言える。
- ・ HPCI は次の観点から今後も重要である。①我が国全体で研究ニーズと計算基盤をマッチングし、多様な研究成果を創出するハブとなる。②新型コロナウイルス感染症等の緊急事態において、研究継続を支える基盤となる。また主要な国内のスーパーコンピュータが連動して機動的に危機対応に貢献する枠組みとして機能する。
- ・ ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤を考える上では、前述のとおり科学技術・学術情報基盤全体を俯瞰しつつ、計算基盤については「フラッグシップシステム」だけでなく、HPCI の構成資源を含め、国内の主要な計算基盤全体の在り方を考える必要がある

- ・ それには、「フラッグシップシステム」と HPCI を構成する「フラッグシップシステム」以外の計算資源、いわゆる第 2 階層計算資源との関係の見直しも含め、HPCI をより戦略的に整備・運用していくための検討が必要である。

(フラッグシップシステムの必要性)

- ・ 「京」は多様な研究分野で活用できる汎用性の高い世界最高水準の性能を目指すとして平成 17 年から開発され、TOP500 で 2 期連続で世界 1 位を獲得した後、平成 24 年から運用が開始された。その後 7 年間の運用期間中に「京」を超える演算性能を持つマシンが国内でも導入されたが、HPCG では 3 期連続して 1 位を獲得し、運用終了時まで 3 位にとどまったとともに、Graph500 においては運用終了まで 1 位を 9 期連続して獲得し、アプリケーション実行性能等において運用期間を通じて世界最高水準の能力を維持したこと、8 万を超える計算ノードを安定的継続的に高い稼働率で運用したことは、我が国の高い技術力を示したと言える。
- ・ また、「京」がなければ実現し得なかった成果を多数創出した。細胞を構成する分子から心拍動までを繋ぐマルチスケール心臓シミュレーションや世界最大規模シミュレーションによるダークマター進化過程の解明等の科学的に卓越した成果を生み出しただけでなく、世界最大規模の全球大気・現実大気のアンサンブルデータ同化による新たな気象予測技術の開発、都市全域の地震等自然災害シミュレーション等で国民の安全・安心に貢献した。
- ・ ナショナルプロジェクトとして開発・運用されたことで、国内の技術力、人材の維持、育成につながった。「京」を核として計算科学・計算機科学の研究開発拠点が形成され、我が国の計算科学・計算機科学の底上げにつながった。
- ・ 「京」で培われた技術、アプリケーションは本年 3 月に本格運用を開始した「富岳」に引き継がれ、既に、新型コロナウイルス感染症対策に係る研究や線状降水帯の予測精度向上等に貢献する成果が上げられている。
- ・ ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤に対して、スーパーコンピュータを利用する研究者や企業からは、より高い実効性能が求められている。大規模・長時間・多数のシミュレーションが実行可能となることで、例えば、より複雑な生命現象の再現が可能になる生命科学分野の進展や、工学分野における高精度なデジタルツインの実現等が期待される。また、今後、量子コンピュータ等の新たな技術の実現においても、世界最高水準のスーパーコンピュータが必要とされている。

- ・ HPCI の中核である「フラッグシップシステム」は次の観点から今後も重要である。
 - ①科学技術の各研究分野からの利用ニーズに応え、世界最高水準の性能を有し、それが無ければ実現し得ない卓越した研究成果を創出する。②計算科学・計算機科学の技術と人材を維持・育成し、科学技術・学術情報基盤としてのみならず社会情報基盤としても重要な計算基盤を我が国で開発・運用・活用できる力を確保する。③これらの結果として、新たな科学技術の創出、Society 5.0の実現、国民の安心・安全の確保等の社会課題の解決に貢献する。

- ・ 一方で、技術動向や周辺状況は急速に進化・変化しており、これを見据えつつ、ポスト「富岳」時代の「フラッグシップシステム」の姿、求められる具体的な性能や機能、「フラッグシップシステム」と第2階層計算資源をはじめとするその他主要な計算基盤、ネットワーク、データ基盤など他の科学技術・学術情報基盤との関係性は、引き続き俯瞰的視点も持ちつつ検討を継続する必要がある。

- ・ また、上記②は、「フラッグシップシステム」の開発だけで解決できる問題ではない。技術と人材を国内で持続的に維持するためには、計算基盤の開発に加えて、産業としても持続可能なエコシステムが構築されることが必要である。その際、計算機システムそのものだけでなく、システムソフトウェアやアプリケーションの展開も総合的に検討される必要がある。この点で、「富岳」においてはCPUの命令セットに汎用性の高い「Arm」を採用したこと、システムとアプリケーションの協調設計（Co-design）によりアプリケーションが同時に開発されたこと等から「京」よりも前進していると言えるが、ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤の検討においては、国内外の状況変化も踏まえて、我が国として確保すべき技術や国際連携の在り方について一層の検討が必要である。また、産業政策等との連携も重要である。

- ・ 加えて、「富岳」に対する政策的な利用ニーズも「京」と比較して格段に増えていることを踏まえ、今後も「フラッグシップシステム」には、政府における防災、気象予測、感染症対策等の政策ニーズに応える機能を有することが適当である。この点については関係省庁とも連携して検討が進められることを期待する。

(2) 次世代計算基盤を構成する事業の方向性、目的の明確化

● ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤の整備

(定義)

- ・ ポスト「富岳」時代においては、データサイエンスやAI技術とシミュレーションの融合が更に進むなど、今後も変化し続ける多様な利用ニーズに応えるため、次

期「フラッグシップシステム」（具体的性能等については、今後更に検討が必要である。）、第2階層計算資源をはじめとする国内の主要な計算基盤、データ基盤、ネットワークが、それぞれ個別の基盤としての意義・機能に留まらず、これらが一体的に運用され、科学技術・学術情報基盤総体として機能することが望ましい。

- ・ また、従来型のアプリケーションニーズだけでなく、リアルタイム処理や複数拠点間でのデータ連携等、次世代型の運用ニーズにも応えられること、変化するニーズに対応可能な柔軟性等が必要である。
- ・ この際、ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤は、様々な研究分野において幅広く活用され、その社会的・政策的重要性も高まっていくと考えられる。複数システムと連動して運用される観点からも、ソフト・ハードの両方におけるセキュリティ確保や、個人データを扱う際のプライバシー確保、サプライチェーンリスクの管理について、システム設計・構築と並走してこれまで以上に検討していくことが必要である。
- ・ また、自国の技術として開発する部分と世界的な標準構成要素を利用する部分の区別が重要であり技術動向等を踏まえ今後見極めることが必要である。

（目的）

- ・ 科学技術の各研究分野からの研究ニーズに応え、世界最高水準の性能を有し、それが無ければ実現し得ない卓越した研究成果を創出するとともに、計算科学・計算機科学の技術と人材を維持・育成し、科学技術・学術情報基盤としてのみならず社会情報基盤としても重要な基盤を我が国で開発・運用・活用できる力を確保する。また、これらの結果として、新たな科学技術の創出、Society 5.0の実現、国民の安心・安全等の社会課題の解決に貢献する。

（アウトプット）

- ・ 具体的には、以下を行う必要がある。
 - ・ ポスト「富岳」時代の我が国の計算基盤を一体的に運用する体制の検討
 - ・ HPCI の戦略的運用
 - ・ 次期「フラッグシップシステム」の検討
 - ・ SINETをはじめとするネットワーク基盤の確実な運用・強化
 - ・ 上記取組・検討と連携した、大学基盤センター等国内の主要な計算資源の柔軟で効率的な運用の検討

- HPCI の戦略的な運用

- ・ 3（1）で述べたとおり、HPCIの重要性は高く、今後も着実に運用すべきである。ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤においては、新たな研究ニーズに合わせ、計算基盤とデータ基盤、ネットワークが一体として運用されることが望ましい。この際、「フラッグシップシステム」と第2階層計算資源をSINETで繋ぎ一体的に運用する現在のHPCIの枠組みを基本とするが、今後は、より戦略的に運用・整備が行えるよう、関係機関の連携の下で継続的に検討されるべきである。その際、以下に留意することが必要である。
 - ・ 第2階層計算資源については、一義的には各機関の研究基盤としてそれぞれの方針に基づいて整備運用していることにも留意しつつ、ポスト「富岳」時代において、HPCIに参画することの意義を明確化することが必要である。
 - ・ 第2階層を構成する各スーパーコンピュータについては、引き続き多様な計算資源を確保することが重要である。その際、「フラッグシップシステム」及び第2階層計算資源全体に係る俯瞰的視点から、各機関が長期的な整備計画を検討し、互いに連携して整備を進められるような体制を構築する必要がある。
 - ・ 複数機関における共同調達・共同運用も、計算基盤の効率的・効果的な運用の観点で有効である。
 - ・ さらに、我が国のコンピュータサイエンスの技術力、人材を維持・育成するためには、第2階層計算資源についても、ベンダーとの共同開発や企画競争による特徴のあるシステム構築等が行われ、システムやアプリケーションの様々な技術が各機関に集約されることが望ましい。
 - ・ 「京」から「富岳」への移行期には、周辺施設・環境等の制約により、「フラッグシップシステム」が不在となる「端境期」が生じた。HPCI全体として、計算資源の補填を行い、計算資源の総量としては「京」に相当する計算資源をHPCI全体で追加的に確保することができたが、大規模計算の実行環境には課題が残った。ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤への移行においては、第2階層資源と連携して「フラッグシップシステム」の「端境期」が生じない体制を検討することが必要である。
 - ・ 「フラッグシップシステム」を複数開発することは技術・人材・予算等のリソースが限られる中で現実的とは言えないことから、開発や調達を組み合わせ、「フラッグシップシステム」及び第2階層資源を合わせた全体として、継続的に複数のシステムの整備が行われることが理想的である。

- 次期「フラッグシップシステム」の検討

- ・ 3. (1)で述べたとおり、「フラッグシップシステム」は、①科学技術の各研究分野からの利用ニーズに応え、世界最高水準の性能を有し、それが無ければ実現し得ない卓越した研究成果を創出する。②計算科学・計算機科学の技術と人材を維持・育成し、科学技術・学術情報基盤としてのみならず社会情報基盤としても重要な基盤を我が国で開発・運用・活用できる力を確保する。③これらの結果として、新たな科学技術の創出、Society 5.0の実現、国民の安心・安全の確保などの社会課題の解決に貢献する観点から重要であり、国として戦略的に整備する必要がある。
- ・ ポスト「富岳」時代に求められる次期「フラッグシップシステム」の具体的な機能・性能等について検討を早期に開始する必要がある。その際、以下を基本としつつ、国内外の周辺技術動向や利用側のニーズの調査、要素技術の研究開発等必要な調査研究を行い、更に多角的に検討するべきである。
 - ・ 次期「フラッグシップシステム」には、幅広い研究分野でパラダイムシフトを起こし得る、他システムと比しての圧倒的性能・機能が期待される。一方でその実現には、ムーアの法則の終焉等、関連技術が転換期にあること、性能の向上に伴い要求される電力量も増大すること等の技術的な課題や制約要因があることから、我が国の技術力・人材を結集し、これらの問題の解決のため、技術を飛躍的に進展させる必要がある。技術革新のためには、計算科学と計算機科学の関係者が両輪となって検討を行う必要があり、また、分野を超えてアカデミア、産業界、行政機関が結集し、広く国民が夢を持てるプロジェクトとして実施されるべきである。さらに、検討の初期段階から開発完了、その後の運用に至るまで、システムに限らずアプリケーションやネットワーク・データ基盤、セキュリティなど関連する分野における多くの研究者や技術者が連携し、かつオープンな形でプロジェクトが推進されていくことが望まれる。我が国における様々な研究開発プロジェクトとの連携も必要不可欠である。
 - ・ 次世代計算基盤として整備すべきシステムの構成及び具体的な性能等は、多様な分野に対応し得る汎用性と実効性能の確保を基本としつつ、省電力性能や他システムと連動して運用される観点からもセキュリティの担保も必須である。また、クラウド等新たな計算資源の利用形態の普及等周辺状況の変化を踏まえ、次世代の運用にも応えられるシステムである必要がある。この他、計算科学や関連技術に係る国内外の技術動向を踏まえて引き続き検討する必要がある。

- ・ 実アプリケーションでの高い実効性能の追求や、利用環境を検証し強化する観点から、「富岳」開発でも有効であった Co-design は必須である。このためには、システムを構成する各技術要素の評価とともに、アプリケーション側のニーズの掘り下げが必要である。
- ・ クラウド関連の技術は今後益々向上すると考えられる。ユーザー側が容易に自らのニーズに合った多様なアーキテクチャ・規模の計算機資源を仮想的に利用できる環境といった、クラウド関連技術の延長線上にあると考えられる新技術を見据えた検討も必要である。
- ・ データ基盤との一体化、仮想化ネットワーク技術を用いたマルチテナント化への対応など、様々なデータの取扱いに対して親和性の高いシステムを検討する必要がある。
- ・ 量子コンピュータやニューロモーフィックコンピューティング、脳型コンピューティング等の新技術、その他のアーキテクチャの研究開発との協調・相補的役割分担などについても引き続き検討する必要がある。特に量子コンピュータに関しては、これを実現するために最先端のスーパーコンピュータをどのように活用できるかについても並行して検討すべきである。
- ・ これら技術の進展や変化する利用ニーズに対応することが可能な拡張性も備えることが必要である。
- ・ 開発に当たっては、政府部内での我が国の半導体や AI 技術等の開発に係る戦略の動向も含め、国内外の情勢を鑑みつつ進める必要がある。国際協調は不可欠である一方、自国で保有すべき技術は確実に確保することが重要である。世界的な標準的構成要素を利用する部分と、自国で保持すべき設計・開発技術の区別について一定の方向性を見出すことが極めて重要である。技術的側面だけでなく、我が国における産業構造や動向にも注意しつつ、産官学を跨いだ広い議論が求められる。
- ・ プロジェクトの継続性や技術・人材の維持のためには、プロジェクトを通じて生み出された技術ならびに人材が研究コミュニティや産業界に還元され、持続可能なエコシステムが構築されることも重要である。関係省庁や関係機関等における企業主体の研究開発を含め、我が国における様々な研究開発プロジェクトと連携し、産業への展開をあらかじめ想定した技術開発が行われることが必要不可欠である。これにより国内の企業の積極的な参画を促すことが望まれる。
- ・ また、技術・人材の育成、利用側の利便性の観点から、単一プロジェクトとしてその都度短・中期的な開発体制がとられるのではなく、長期的な人材育成やアプリケーション分野の開拓・醸成も見据えた継続的な研究開発体制の構築が望まれる。

(3) アプリケーション開発の方向性

- ・ 次期「フラッグシップシステム」開発の方向性として、Co-design は必須であり、この前提として、計算基盤の利用側のニーズを具体的に示すロードマップが不可欠である。これまでに蓄積されたシステム側の技術予測も踏まえて、ポスト「富岳」時代に、各研究分野や産業界がどのようなアプリケーションや利用環境、実効性能を必要としているのかを深掘りする必要がある。その際、より幅広い人々がより簡単に使用できるための、ユーザーフレンドリーなアプリケーション設計が併せて検討される必要がある。
- ・ 機械学習やデータ科学と計算科学の融合や、研究分野間の融合など新しい計算機の使い方が広まる中、これらの新しい計算機の利用に対応した可搬性の高いフレームワークを併せて検討・開発する必要がある。

(4) 効果的な運用、利活用促進について

- ・ ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤の整備にあたっては、システムに限らずアプリケーションやネットワーク・データ基盤など関連する分野における多くの研究者や技術者が連携する形が必要であり、これを実現する安定的な運用体制を構築すべきである。
- ・ また、利用者・利用分野の裾野の拡大のため、HPC のシステムやアプリケーションの専門家以外にとっても使いやすく、利用開始までの敷居が高くないような運用とすべきである。
- ・ システムの運用開始後においても、技術の変遷やユーザーニーズの変化等に応じて、新たなアプリケーション・ライブラリ・フレームワーク等が容易に導入できる環境が必要である。この観点からも、システム運用機関やアプリケーション開発者だけでなく、国内のベンダーを含めたエコシステムが構築されることが望ましい。
- ・ 利用支援の充実等により、AI やデータ科学と計算科学の融合や、計算機を利用する研究分野間の融合、計算機科学と利用研究分野の融合を図り、効果的な成果の創出に繋げることが望まれる。

(5) 分野振興、人材育成について

- ・ 超大規模な計算基盤を開発・製造・運用する技術・人材を我が国として保持する

ことは、経済安全保障の観点からも重要である。このためには、アプリケーション開発、アーキテクチャ、システムソフトウェア、コンパイラ、ライブラリ、フレームワーク等の研究者や技術者が将来にわたって活躍できるよう、産業界と連携したキャリアパスの構築が必要である。

- ・ 計算機を利用する研究者の育成としては、各分野のコミュニティの中で継続的に若手を育成する体制と研究者・研究機関間のネットワークが構築されていることが望ましく、そのための分野振興が十分に実施されるべきである。
- ・ 子どもを含む次世代の育成の観点から、「富岳」や HPCI の成果をわかりやすく見せる取組も重要である。

4. おわりに

- ・ 本中間まとめは、ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤が目指すべき方向性を示した。
- ・ この方向性を踏まえ、今後必要な調査研究等を行いつつ、HPCI 計画推進委員会と連携しながら、以下のような項目について具体化を行う。この結果を受け、引き続き最終まとめに向けた検討を継続する。
 - ・ ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤を一体的に運用する体制の検討
 - ・ ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤における HPCI の戦略的な運用・整備
 - ・ 次期「フラッグシップシステム」の具体的な性能・機能等（計算科学ロードマップの検討含む）

次世代計算基盤検討部会の主な議題

第1回（令和2年5月1日（金））

- 次世代学術情報ネットワーク・データ基盤整備作業部会の設置について
- 今後の議論の方向性について

第2回（令和2年7月28日（火））

- スーパーコンピュータ「富岳」の整備進捗状況について
- 新型コロナウイルス対策に関する情報科学関係の取組
- 次世代学術情報ネットワーク・データ基盤整備作業部会の検討結果について

第3回（令和2年11月30日（月））

- 次世代計算基盤について
 - ヒアリング（次世代の情報基盤全体における計算基盤の役割について）
 - ・「将来のHPCIの在り方に関する検討ワーキンググループ」の議論について
 - ・大学の情報基盤の観点から
 - ・スーパーコンピュータのユーザーの観点から①
 - ・情報基盤全体の観点から

第4回（令和3年1月22日（金））

- 次世代計算基盤について
 - ヒアリング（計算基盤に関する技術・利用の観点から①）
 - ・量子コンピュータの観点から
 - ・スーパーコンピュータのユーザーの観点から②
 - ・ネットワークの観点から

第5回（令和3年4月21日（水））

- 次世代計算基盤について
 - ヒアリング（計算基盤に関する技術・利用の観点から②）

- ・スーパーコンピュータのユーザーの観点から③
- ・ 計算機運用等の観点から
 - ・ HPCI コンソーシアムからの提言案

第 6 回（令和 3 年 5 月 27 日（木））

- 次世代計算基盤について
 - ヒアリング（計算基盤に関する技術・利用の観点から③）
 - ・ NGACI における検討状況
 - ・ 国際動向を含めた半導体技術・産業の動向
 - 中間取りまとめ（骨子案）

第 7 回（令和 3 年 6 月 21 日（月））

- 次世代計算基盤について
 - 中間取りまとめ（素案）

第 8 回（令和 3 年 7 月 29 日（木））

- 次世代計算基盤について
 - 中間取りまとめ（案）

次世代計算基盤検討部会 これまでの主なご意見

※議論の振り返りのため、事務局にて各回の議事要旨より抜粋したものであり、すべてのご意見を網羅するものではありません。(斜体は発言者)

※キーワードに事務局で下線を追加しています。

○次世代計算基盤整備の必要性

・ 将来を見通した意義、必要性

- ・ 自国に計算パワーをしっかりと確保する、これがコロナの中で非常に重要であるということが分かったのではないか・(中略)・多分一番重要になるのはグリーンプライオリティーだと思ひまして、この辺は今後、日本がどう考えるかということです。(喜連川委員 (第3回))
- ・ とりわけ日本のCSは全然強くないじゃないかと、いつも言われるわけです。ですから、こういうスパコンの議論というのは、まず使う人がどれだけの価値を生み出すのかという議論から始めるべきであって、CS、情報学のこの委員会というのは、我々情報分野が一体どう強くなるんですかというような、まずそこから始める必要がある。(喜連川委員 (第3回))
- ・ スパコンは要るんですかという、こんなものは要るに決まっているわけで、絶対必要で、今回の「富岳」だって頑張っておられるのは、これはもう要るからやっているわけです。ポイントは、要るか要らないかの1ビットではなくて、ゼロイチではなくて、どの程度の計算資源が必要なんですかということだと思います。(喜連川委員 (第3回))
- ・ 計算を使う側の人たちが、どうしてこれが必要なのか。そして、喜連川先生がおっしゃったみたいに、それをクラウドで、ある形で学术界が使いやすいように、先端のものを固めることによって、少なくとも日本にクラウドベースのスパコンの、また小林先生がおっしゃったみたいに、そこに量子コンピュータも入ってくるかもしれません。違うものも入ってくるかもしれません。そういうものが全部集中的に管理されるセンターをつくることによって、人材も育つでしょうし、技術も日本で保たれるというのは、私はすばらしいアイデアだと思います。(伊藤委員 (第3回))
- ・ 最先端の研究、科学的成果を創出するために、HPCIを引き続き整備・運用していくことは、我が国の科学力、産業力の維持向上に必要不可欠であるというようなことが全ての意見で集約できていると思っております。ただ、ここに示しますように、例えば最初のアーキテクチャの多様性とか、あるいはそれに関連したプラットフォームを整備していくというようなことが強く望まれている(オブザーバー 小林 東北大学教授教授 (第3回))
- ・ 次世代計算基盤を開発すべきであるという論調でまとめるのであるとすれば、

重要なのは、政策として国がこの開発をサポートしなければならないのはなぜか、産業界の自発的な活動だけに頼れないのはなぜか。もうちょっと言うと、政策としてこういうことを実施する場合に、期待すべきアウトプットは何で、国はどこまでコミットすべきか、逆に産業界の自発的活動に任せるべきことは何かと、その辺を少し書き込めると説得力が増すのではないかというふうに思いました。(常行委員 (第6回))

・ **科学技術の各分野、産業界におけるにおける今後のニーズ**

- ・ 計算ができるということよりも、計算ができることによって一体どんな価値が出てくるんだということ、そういう議論というものをユーザ自身がなされて、それを情報系が受け止めるというプロセスにするのが王道かもしれない。
(喜連川委員 (第3回))
- ・ 注目株であるデータというものにスパコンがどう融合していくのか、これは先ほど田浦先生もお話しされたと思いますけれども、こういう視点というのが著しく大切になってきている (喜連川委員 (第3回))
- ・ 計算基盤に私たちが期待するものとして、まず1番は性能です。これはアプリ開発意欲に火をつけるような高い性能を持つ、これは誰しも、研究者もあるかと思えます。そのためにアプリと基本ソフトとハードウェアの同時開発、コデザインというものが重要だと思えますし、それができてこそ初めてスタートダッシュができるというふうに考えています。2点目、使いやすさの観点で、これは我々としては、できるだけ汎用性が高いハードウェアが使いたいし、可搬性の高い数値計算ライブラリが使える環境にしていだきたいし、それから、既存の計算機でこれまで開発してきたアプリが割と簡単に移植できるようなものにしていただきたい。(常行委員 (第3回))
- ・ 分子動力学計算で、あくまで私の要望としては、やはり 100倍以上が10年後もまた欲しいなと思っています。その観点では、単なる速度だけを重視するわけではなく、やはり大規模な系というの、細胞やウイルスなどのシミュレーションもできるようにはなっていきたい。なおかつミリ秒スケールで数千種類の化合物、また数百円で1つのペアの計算ができるようになれば、もう実験を超えるようなものになってくると。そう考えると、やはり速さだけを追求するMD専用機よりも、巨大な分子系あるいは大規模なサンプル数を一気にできる、低コストを図るというふうな、そういう全てを追求していくということもやはり考えてほしいというふうに思っています。一方で、やはりMD、分子動力学計算で考えますと、今回の「富岳」のところの我々の唯一の心配というのは、GPUでないというところでございまして、世界ではGPUが進めていると、GPUの並列化というところが驚異的な部分もございまして、その部分は少し懸念点であるというところでございます。(オブザーバー 奥

野 京都大学教授 (第4回))

- ・ ポスト「富岳」の時代はシミュレーションとAIの統合実装がもう常識になっているような、そういうことを考える必要があるのではないか (オブザーバー 奥野 京都大学教授 (第4回))
- ・ 生命科学の都合ですけれども、やはり多くのアプリを組み合わせる必要があります。・・・(中略)・・・個別に使う場合を考えても、全く使い勝手の違う専用機というのが乱立していて、この計算はこのスパコン、この計算はこのスパコンというような形で、それぞれの、異種の環境が用意されたとした場合、ユーザ側としてはやはり非常に使い勝手が悪いと、ユーザにとっては同一の使用感で使えるような、ユーザファーストなマシンであってほしいというふうな、都合のいいような意見をさせていただきたいと思います。さらに、それぞれのアプリというのが独立開発、独立利用するだけではなくて、アプリケーションが無駄なく統合化できる、それぞれが同じフレームで開発していたら、実はそこで統合化されているというふうな、そういう夢のような統合化環境というものもマシンに具備しておいてほしい (オブザーバー 奥野 京都大学教授 (第4回))
- ・ 新しいサイエンスをつくるようなマシンであってほしいと。御案内のように、第1、第2、第3、第4の科学というもので、今データサイエンスが第4の科学と言われていますが、私自身はこの4つを統合化するというのが第5の科学になるだろうと思っています。これが生命科学にとって新しい発見につながっていくと、つまりスーパーコンピュータを使って統合化ができていけば新しい発見につながるというふうな、生命科学の新しい発見に資するのだと、それがイコール、ノーベル賞につながるというふうな、そういう新しいサイエンスをつくるようなスーパーコンピュータになってくれたらいいのではないかと (オブザーバー 奥野 京都大学教授 (第4回))
- ・ いわゆるデジタルツインという、いろいろなものを仮想空間でシミュレーションして未来予測をしていくという世界において、本当の現実世界においてはいろいろなものが、この図にありますように相関関係を持って、実はどういうものが影響し合っているかというのは、人間の理解を超えているところに実は本当の解があるかもしれないという、そういう世界も含めてコンピューティングできたらいいなと思っています。(オブザーバー NTT 川添氏 (第4回))
- ・ 人工知能のモデルというのは全て、ある多量のデータに基づいていて、その上でつくられたモデルはリアルタイムで動くかもしれないけど、モデル自体が、データが変わってしまう場合、AIの性能のギャランティーみたいなところは、元のデータを持ちつつ新しいデータとの再計算ということで、データそのものに対して何かギャランティーをしなくてはいけないシステムが必要になってくるのではないかと思います。(中野委員 (第5回))
- ・ サイエンスが変わるとか、根本的に変わり得るとするのは、やっぱり100倍と

というような、桁違いの計算ができるので、そういうことを想像することに意義があったわけですが、アプリケーション側から見て、それがフラッグシップの価値なんだと思うんですが、・・・(中略)・・・フラッグシップは何のために造るのかというのを、「富岳」を考えていたときとは全く違う考え方をしないと、フィジビリティスタディをするにしてもロードマップが書けないと思うんですよ。要するに、サイエンスとして根本的に違うステージに行けますということ、倍の計算資源では書けないと思います。・・・(中略)・・・八ヶ岳がいいのか、要するにトータルの計算資源を増やすことが恐らくアプリケーションにとってはいいのかもしれないし、あるいは、ある特定のアプリケーションにとっては、特定のアーキテクチャのものが非常に有効である、・・・(中略)・・・ヘテロな計算基盤の在り方というのが、もしかすると次世代の計算基盤なのかもしれないというふうにも思えてくるので、ちょっと今まで「富岳」を考えてきたときのような議論では、次は考えられないのではないかなというふうに思いました。(三好委員 (第6回))

- ・ まずスパコンですが、私たちが一番感じているのは、やはりスパコンというのは、従来の、単なる数値計算というよりは、だんだん利活用の分野が拡大してきている、・・・(中略)・・・実社会時間データを使ったスパコンを活用していくという話、それから HPC as a Service みたいな話等々が今のトレンドではないかなというふうに思っています。もう一方で、では、どうその要求に応じていくかということで、HPC と、それからデータをどううまく使い合わせるか、これは先ほど申し上げた実社会時間データをどう組み込んでいくか、インテグレートするかというところが、データ基盤、もとよりそういうところも課題になってくると思うし、そうなると、要求に応えるためにはクラウドが、ヘテロなクラウド、ハイブリッドなクラウドになるのではなかろうかというふうに私は考えております。これを、裾野を広げるという意味では、使いやすいユーザーインターフェース、専門家でなくても使えるようなものに仕立て上げていく必要があるだろうなというふうに考えております。(オブザーバー 木村 JST 上席フェロー (第6回))
- ・ AI とシミュレーションといますか、物理モデルとの融合がトレンドになりつつあります。ニューラルネットそのものは、微分器であり、ニューラルネットそのものがいわゆる物理シミュレータとなり得るというような時代感で世界的にも動いています。・・・(中略)・・・物理シミュレータというような意味での AI というのが次世代の AI としてトレンドになりつつあるというような感覚があります。(上田委員 (第7回))
- ・ シミュレーションを、いわゆる AI の技術を使ってやるというようなトレンドが来ているのかなと思っております。・・・(中略)・・・シミュレーション、いわゆる微分方程式で得られるようなシミュレーションを、データドリブンのアプ

ローチで、機械学習や AI 技術で何か、関数を模倣してあげるようなことをやってあげるといような形の枠組みで考えると、いろんなサイエンスですとか、普通のサイエンスのみならず、もうちょっとマクロな社会科学といったところでもひょっとすると応用が利くのかなというようにも思っています
(海野委員 (第7回))

・ 成果の社会実装、国民への還元について

- ・ (例えばポスト「富岳」を議論したとき、100 倍の性能が得られたら、シミュレーションと AI に質的な変化というか、さらに何ができたとか、何かそういうのがありますか、との質問に対して) 1つは、高解像度化もできますし、あとは先ほど申し上げたような津波のシナリオを増やして、想定外をなくすような予測ができるですとか、また、予測対象地域を増やす等も可能になるというふうに考えております。・ ・ (中略) ・ ・ 日本全国やるには全系規模が必要というふうな試算もさせていただいています。(オブザーバー 富士通研究所 大石氏 (第5回))
- ・ ポスト「富岳」に我々生命科学、創薬、医療の観点から望むところは、実際、現在コロナでもかなり「富岳」が活躍しているというのも事実ですし、私の実感としても、「富岳」であればかなり、「京」と違って、医薬品開発あるいは医療に資するところに来ていると思っています。ですので、スーパーコンピュータが命を守る時代、そういうキーワードが、ポスト「富岳」には必ずなあってほしいと思っていますし、そういうところを目指せたらと思っています。(オブザーバー 奥野京都大学教授 (第4回))

○我が国における計算基盤のあり方

・ 次世代計算基盤の位置づけ

- ・ 基盤を何のためにつくるかという、それは情報学の専門家と様々な分野研究者の学際的な研究が行えるハブとしての役割というのが大事で、もちろん HPCI もそういうつもりでやっているとは思いますが、なるべく情報系の専門家と分野研究者が直接つながるような、そのコミュニケーションが活発に行われるような立てつけにする必要があると思います。あと、今後は情報分野のほうも、これまでのスパコンと HPC を中心とした人たちの分野だけではなくて、いわゆるデータ処理、AIというふうに広げていく必要がありますし、使う側のユーザのほうも、いわゆる計算科学中心から、データ駆動科学、データ科学というところに広げていく必要があります。(田浦委員 (第3回))
- ・ これまでのシミュレーション科学の推進のための基盤としての HPCI に加えて、最近の AI、データサイエンス分野の進歩によって、大規模データ処理のインフラとしての HPCI の位置づけといったことも重要であろうということが議論されてきました。さらには、そのデータをどのように利活用していくかということ

で、データの作成者との合意の下での、公共財としてのデータの利活用基盤としての HPCI といったものを考えていく必要があるだろうとの指摘もありました。

(オブザーバー 小林 東北大学教授教授 (第3回))

- ・ 次世代の計算基盤というのは、やはりコンピューティングとサイエンス、それを使ったサイエンス、計算の科学、計算による科学です。こちらが相乗的に進んでいくものが必要である、つまり計算機だけが発展しても駄目だし、それを使ったサイエンスだけが発展しても駄目で、両方ともしななきゃいけないと。そのためにはサイエンスとコンピューティング、サイエンスとサイエンス、コンピューティングとコンピューティング、これらの研究というのが全てこのプラットフォームの上で構成できる、構築できる、こういうふうなことが必要になってくると思います。ともすると我が国のスパコンというのは、どちらかという、ただ単に使うほうが強調されておりましたが、先日、田浦さんの指摘があったように、コンピューティング自身を進化させるという非常に大きなミッションを担っている
(オブザーバー 松岡 理化学研究所計算科学研究センター長 (第5回))
- ・ 計算基盤の可能性と期待ですけれども、現在、もちろん科学のためにコンピューティングやデータが重要な役割を果たしておりますけれども、もちろんこれまでも計算科学ということで、サイエンス掛けるコンピューティングという分野でスーパーコンピューティングが発展してまいりましたし、今ではコンピューティングとデータということで AI が発展し、またサイエンスとデータということで、データ同化などの新しい応用の発展も期待されるかと思えます。それだけではなくて、サイエンス掛けるサイエンス、多様な科学の融合ですとか、コンピューティング掛けるコンピューティングで将来の計算の探求とか、データ掛けるデータということでデータ融合による価値創造ということにもつながるようなシステム開発が、この次世代計算基盤でできればいい。(オブザーバー 近藤 慶応大学教授 (第6回))
- ・ ピークのことはもちろん重要だと思っているわけですが、多くのユーザに便益を提供するというような観点での影響力ということで言うと、ネットワーク型に基盤がつながっているという今の仕掛けを強化していくというような方向は、とても重要な部分ではないかというふうに思っている次第でもあります。(相澤委員 (第6回))
- ・ 昔はデータとかプログラムを1か所に全部集めて、集めた後に解析しましょうといったようなスタイルだったんですけれども、これからは恐らくそれができなくなって、それはデータ量の問題でできないかもしれないし、またデータもいろいろ、プライバシーを含むデータもあるかもしれないので、一度にぱっと持つていくことができなくなるかもしれないと。そう考えると、ネットワークと計算資源をうまく融合して、必要に応じて連携しながら動かしていくといったようなモデルがこれから必要になるというふうに私は思っています。(合田委員 (第7回))

- 現在、例えば文科省によるスパコンですとか、あと総務省によるデータセンター、ネットワーク、もしくは経産省によるIoT、AI、エッジ、半導体と、いろんな計算基盤のプロジェクトが走っていると思いますけれども、これらが独立に、個別に走っている印象を持っています。今後、我が国の科学技術と産業をどのような方向に持っていくのかということを考えて上で、それを実現する計算基盤のグランドデザインが必要なのではないかと考えております。(井上委員 (第7回))
- きちんとしたクラウド環境、仮想化された環境というのをつくっていく、そのための蓄積を全体でしていく必要がある (田浦委員 (第7回))
- 次世代の計算基盤の役割として、当然ながら、計算とデータによる科学の発展、進化、振興と、それによる社会貢献というのが最も重要な点だと思っています。・(中略)・そのために、どのような開発あるいは体制がよいのかというのは、非常に難しいのですけれども、それに資する1つの方向性として、コデザインの強化、アプリケーションとの協調設計をより強化して行っていくこと、また新応用分野を開拓するということ、そしてオープンイノベーションプラットフォームの構築というものを意識して開発していくことが挙げられるかと思っています。(オブザーバー 近藤 慶応大学教授 (第6回))
- 次世代計算基盤は、フラッグシップとしてのスーパーコンピュータにも大変期待するところでありますが、未解決問題などの基礎的研究から科学の発展に寄与する応用的な利用も想定した、性能と柔軟なシステムが必要と感じます。(小紫委員 (第7回))
- ハードウェアの普及・展開というのも非常に大事だと考えていて、さらにアプリまで含めたトータルケアというのが、開発だけではなくて、普及に関するトータルケアというのも必要・(中略)・ハードウェアを開発するとしたら、これはペイする産業としてきちんと育ててほしい。持続的に開発が続けられるような、そういう国家戦略が今後必要になってくるのではないかとこのことを非常に強く、私個人的には思っている点でございます。(常行委員 (第3回))
- いわゆる日本の中のベンダーがどこまで本気で、このプロジェクト、いわゆるスパコンビジネスというところはずっとやるかということもかなり影響してくるかなと思っているんですけども、日本の中の産業界をもっと巻き込むといいますが、裾野を広げるといいますか、そういったところも重要かと思う (井上委員 (第5回))
- フィージビリティスタディから開発に流れて、さらに運用フェーズまでというのをいろいろな人が関わりながら貢献できるような体制みたいなものをつくれるといいかと思う (合田委員 (第3回))
- スパコンというのは、言わばフォーミュラ1みたいなもの、最先端技術の結集か

など思っております。計算技術・計算科学の進展というのは必須ですが、こういった最先端技術を民生化していくことは自然かなと思います。半導体黄金時代には、そのプロセスそのものが民生用プロセスへと普及していったというような経緯がありますが、必ずしもハードウェアだけのプロセスといったところではなくて、ソフトウェア面で、「富岳」でいうと機械学習のフレームワークを支えているというような点もあるかなと思いますので、そういったところで、どこで民生化していくかというのを広く戦略的に捉えるべきかなと思います。(藤井委員 (第7回))

- ・ 国内の中でこれだけの規模のマシンをきちんと造り上げて運用させるといったようなことを考えたときに、いわゆるメーカーがプレーヤーとしてきちんと参画できて、かつそれがメーカーにとっても大きなプラスになってビジネスにつながるというようなことがないと、継続性を考えると非常に大事になってくると思います。(井上委員 (第7回))
- ・ 同時に、ハードウェアもどんどん進化して、ヘテロな環境というものがかなりキーワードとして出ていたと思うんですけれども・・・(中略)・・・等価的に使えるような仕組みというのを通して、どういうハードウェアを使っているかというのを、利用者側はそこまで意識しない、そういうような構成になっていくのではないのか(海野委員 (第7回))
- ・ 「富岳」の次ということで、同じようなマシンで次の世代を狙うのか、それとも、よく言われるのが、ハケ岳みたいにしているのかというふうに言われますけれども、2択ではないと思うんですね・・・(中略)・・・例えば、もちろん計算能力ということは中心的なわけですが、そのほかにもいろんな要素が入ってきていて、全体の状況としてはもっと複雑になっていると思うんです。例えばデータベースとどう絡んでいくのか、使うほうとしてはネットワークの問題とどう絡んでいくのかというような、もうちょっと全体的な観点から次世代というものを見るという、そういう機会があってもいいのかなというふうに思っています。(根本委員 (第7回))

・ 次世代計算基盤を構成するシステムの方向性

(HPCI 全体の方向性)

- ・ フラッグシップだけでなく、新規技術の共同開発みたいな、共同開発というのは、要するに企業との共同開発です。実際につくるベンダーとの共同開発が必要な場面というのが今後増えていくのではないかと思います(田浦委員 (第3回))。
- ・ 汎用アーキテクチャプラットフォームである程度の底上げをしつつ、さらにその頂点はいろいろな、ドメイン・スペシフィック・アーキテクチャの組合せで全体のピラミッドをつくっていくというようなイメージが、これから10年から15年

後、すなわち 2030 年代前半あたりのイメージとして持っております。そして、そのポスト「富岳」時代の HPCI 構築に向けては、やはりデバイスからシステムアーキテクチャ、そしてアプリケーションと、その垂直統合でいろいろな技術を集約して、研究開発に取り組むというようなことが重要であるというふうに思っているところです。(オブザーバー 小林 東北大学教授教授 (第3回))

- ・ センサーを小さくするとか省電力にするというのは、多分日本が一番強いところだと私は信じていまして、そこを生かして、そこから取れていくデータを、いわゆるアグリゲーションをしてサイバーに上げていって、そこで差別化をして意味のあるデータにするというところが1つのエコシステムのものに、もしなれば、すごくいいかなと思っています。(オブザーバー 木村 JST 上席フェロー (第6回))
- ・ HPCI のシステムとしてのセキュリティをいかに担保するか。特にソフトウェアですね。今、世の中ではソフトウェアのサプライチェーンのセキュリティが大きな課題になっております。・・(中略)・・では HPCI、今の「富岳」がどうなっているか、「富岳」のシステムソフトウェア、周辺を支えているような情報共有環境、連携環境、それは SINET につながるのかもしれないけど、そういうものがどのような形で、セキュリティ的な意味でのソフトウェア品質を保っているのかは非常に大事だと思います。こういうところに関しましては、後付けというのはなかなか大変で、やはり設計段階から組み入れるというのが大事ですので、ぜひそれを考えていただきたいと思っています。(後藤委員 (第6回))
- ・ 次世代計算基盤のシステムソフトウェアに関するソフトウェアサプライチェーンについてしっかりセキュリティを確保する、そういう準備を今から進めることをお勧めします。まずは素性が明確な、管理されたソフトウェアを使う、いわゆる Bill of Materials というものですが、そういうものをしっかり管理する。更新管理、ファイルの真贋判定の機能を備える、それからシステム全体としての信頼を支える技術を完備する、こういうことについてしっかり設計していくことが、将来安心して HPCI、次世代の計算基盤を使いこなす、世の中に役立てるベースになると思っています。(後藤委員 (第7回))
- ・ 大事なものをつくるのだという意識があるのであれば、同時にそれをセキュアに守るのだというコンセプトを常に持っていたきたいと思っております、それを確保する取組、仕組みが必要だと思います。特に實際上難しい、ぜひ自分たちで取り組むべきというのは、やはり運用体制、また運用のためのシステムだと思います。これはスパコンの部分もネットワークの部分も同じだと思います。使いこなす部分の技術というのは、なかなか外部から持ってこられないので、そこに関してしっかりとしたものをつくる、維持し続ける。そういう意味では、現在のシステムから次のシステムで、だんだん人もノウハウもためていくという努力が大事かなと思っています。(後藤委員 (第7回))

- ・ フラッグシップマシンが10年スパン、一方で基盤センター等の5年スパンという、この2種類をうまく使うというのが重要だと思っていて、例えば基盤センター等は、フラッグシップマシンを横展開すると同時に、さらに次のFSを担うような立ち位置、重要な立ち位置になると考えています。(井上委員(第7回))
- ・ ある種の利便性を上げるというところの研究というのは必要かなと思います。この10年でこれぐらい、スクリプト言語で簡単に使えるよということができたことを考えると、次の10年は恐らくもっと簡単に使えるようになるのかなと思っていて、・・(中略)・・より広い人が使っていく、また、より簡単に使えるようになっていくというのがトレンドとして出てくるのではないかと。(海野委員(第7回))
- ・ ハードウェアもどんどん進化して、・・(中略)・・どういうハードウェアを使っているかというのを、利用者側はそこまで意識しない、そういうような構成になっていくのではないのかなと、利用者側の視点からですとちょっと感じたかなと思っております。(海野委員(第7回))
- ・ HPCIにさらに一歩踏み込んでコミットするような仕組みはどうしたらできるかというところも、何かFSで考えていくことが必要なかなと思っております。もちろん財政的な支援が必要になってくるとは思いますけど、そこを考えていくことが重要かなというふうに思いました。(小林主査代理(第7回))確かにHPCIというのは、情報基盤センターがもともとあったものに後からできたものなので、立場が違うというところはあるんですが、こういうことをちゃんと主張していただけると非常にインパクトがあるし、ユーザから見ると分かりやすい(常行委員(第7回))

(フラッグシップシステムの方向性)

- ・ フラッグシップ計算機というのは、我々は新しいシミュレーション手法開発の起爆剤だというふうに考えています。フラッグシップ計算機がなければやってみようと思わなかったような新しい計算手法というのがどんどん使われるようになってきています。・・(中略)・・目的に応じて、実はフラッグシップ計算機で新しい手法が開発されたとしても、そこだけで使うのではなく、実は各階層、第2階層以下でも、その計算機資源を使ってできることがたくさんあることが分かってきています。そういうところがどんどん利用できるという環境をつくることが非常に重要です。(常行委員(第3回))
- ・ 次世代フラッグシップ機開発は、学術分野における学際的ムーンショットプロジェクトであってほしいと、望むならば、できればはやぶさプロジェクトのように、若手、中堅が集まって、もうロマンとドラマを持って取り組んで、これをやり遂げる、成し遂げるんだということを、プロジェクトチームとして熱気と結束を持

- って進めるような環境を用意してほしいというのが私の願いです。そのようなフ
ィージビリティスタディが、計算機、それから学术界を中心にできたとすれば、
そこに量子コンピュータの人たちが関わるのがよいだろうと。(伊藤委員(第4回))
- ・ フラッグシップのような、本当にチャレンジングなものをつくる、基盤を新たに
開発するという、日本の技術力の維持とかいうことも含めてするならば、その興
奮を多くの人に分かち合えるような、そういう仕組みが必要だというふうに思っ
ています。・・(中略)・・プロジェクト自身をもっとオープンにして、組織を超
えた貢献ができて、貢献をした個人がきちんと認知されて報われるという、そう
いう立てつけにする必要があるのではないかと思います。(田浦委員(第3回))
 - ・ 技術的に尖ったものがあつたほうが、こういった大きな視点での研究を続けてい
く、予算をつけていくということで重要なのではないかなと思いました。1つが、
常行先生が御提示されました、新しいサイエンスの領域での問題解決という視点。
あともう一つが、これはもう研究者として私自身の反省でもあるかとは思いますが、
CS部分、どうやって尖っていくかという議論。そういった2つの観点での議
論が今後必要ではないかと思いました。(山本委員(第3回))
 - ・ 量子コンピューティングも含めて、様々なレイヤーの様々な技術要素、恐らく全
体アーキテクチャとしてうまく統合されてとがっていかれると思いますので、各
方式も含めて、ぜひ研究領域の中でも、コンピュータサイエンスもとがるという
形の実現をお願いしたい(山本委員(第7回))
 - ・ アーキテクチャやOSやコンパイラ、こういった基盤部分、こういったところの技
術を保持し続けるというのは、新しいタイプの計算機が出てきても必要になる部
分ですので、非常に重要であると思いました。(藤井委員(第3回))
 - ・ システムレベルで強みを発揮したほうがいいかなと思っています。ただ、そのた
めには、やはりチップというんですかね、一番基本のところというのを、きちん
と強いものを持たなければいけない(オブザーバー 木村 JST 上席フェロー(第
6回))
 - ・ 半導体のサプライチェーンが今、世界中で見直されています。かなりダイナミッ
クにいろいろなものが動いています。このような世の中の流れを見極め、国際連
携と純国産のバランスをきちんと取るべきだと考えています。日本としてどこを
取る、どこの強みを残すべきなのか、どこを海外の技術を使うべきかという戦略
が必要になります。(井上委員(第7回))
 - ・ FS でどんな可能性があるかを見て、それを目利きして、強化する、強化しない、
選ぶ、選ばないということをすべきじゃないかというふうには思っております。
ですので、この段階であまり制約するというよりは、どのぐらいその技術力が我
が国に残っているのかとか、あるいは国際連携でどこまでできるのかを、この次
のFSで見極めるのかなというふうに考えました。(小林委員(第7回))
 - ・ ある一定の計算能力というものも必要であるし、データ資源というのも日本の中

で、日本の国内で持っているべきものというのを日本が主体的に決めていく権利があるためには、それなりの設備も要るし、ハード面、ソフト面での技術も要るし、人も要るしと、いろいろなことがあると思うんですけども、それをどこまで、要するに主体的に日本がそれを判断でき、それを実行できるという、何というんですか、その見極めということはやはりこれから先、必要なのではないか・・
(中略)・・調査研究をしてということとは別に、もうちょっと概念的に、こういうものが必要だという点からの、要するにボトムアップとトップダウンの両方から議論しないと、うまくまとまらないように思いますので、その点は注意をしていただきたい (根本委員 (第7回))

- ・ 世界最高性能の道具を、ツールを手に入れるということを考えると、汎用性をきちんと持ちつつ、世界最高性能フラッグシップマシンを造るということを目指すべきだと思っています。・・(中略)・・ポスト富岳までは、微細化と2.5次元、3次元といった技術を基本にシステムを設計できるかと思いますが、その後のポスト富岳を見据えた仕掛けというのを入れておく必要があると考えます。

(井上委員 (第7回))

- ・ 次世代アーキテクチャに関しては、当然のことながら、「狙え！ 世界一」ということで、もう世界一の技術を知らなければ、その次の技術には踏み出せないわけですから、ぜひそこはこれからも、今後も狙っていくべきであるというふうにと考えると同時に、それを様々なところで使えるということが今後の価値につながる・・(中略)・・根拠、エビデンスを求められるときに、データそのものに価値があり、それを何らかの形で残しておくべきである・・(中略)・・環境はやはり高速で、かつシームレスなところでないと使いにくいであろう

(中野委員 (第7回))

- ・ コンピュータをつくるには新しいコンピュータが必要、これはハードウェアもそうですし、ソフトウェアも必要だと。・・(中略)・・今回、もし将来新しいマシンをつくっていくとか新しいコンピューティングを追求していくのであれば、それはまさに量子計算やニューロモーフィック、脳型コンピューティングなど、新しい計算原理や、それ以外の、今までの計算原理に基づいた計算もより高度化していくと、これらがメインの柱として入っていかなければいけない。(オブザーバー 松岡 理化学研究所計算科学研究センター長 (第5回))
- ・ 今回開発するとなると、それがインパクトがある、つまりエコシステムに寄与するものをちゃんと最初からつくらなければいけない、後付けではいけないということです。(オブザーバー 松岡 理化学研究所計算科学研究センター長 (第6回))
- ・ フラッグシップマシンというのはITの先端を、我が国がまさにITで先端を走るための開発、次世代のITを開発するための下地になるべきだと、それは非常に大きなアプリケーションだという視点が必要・・(中略)・・ITで先端を走るた

めには、フラッグシップマシン自身がITの、そのための1つの道具、それはシミュレーションでもあり、トライアルでもあり、テストベッドでもあり、田浦さんが言っていましたソフトウェア開発含めてテストベッドになるべきだというところが非常に大事な視点だと思います。(オブザーバー 松岡 理化学研究所計算科学研究センター長 (第6回))

- ・ システムを含め、あるいはデータの利活用等も含めて、いわゆる大型プロジェクト、加速器といったようなものと同じように、国際連携の仕組みが必要になっていくのではないかということが議論されております。また、アマゾン等の民間のクラウド型サービスも利活用されている状況を踏まえて、そのようなクラウドサービスとのインターフェースも整備していく必要があるであろうということで、国と民間の境を取り去り、ユーザから見て最適となる全体構成を実現する必要があるだろう(オブザーバー 小林 東北大学教授教授 (第3回))
- ・ それから、国産技術だけでつくっているわけです。これはフラッグシップとしての旗印には違いないんですけども、これがずっといけるか。・・・(中略)・・・1社、あるいは国産の会社だけでいけるのかということを考えないといけない。(オブザーバー 朴 HPCI コンソーシアム理事長 (第5回))
- ・ 場合によっては、海外のアプリケーションも含めてコデザインをするのですとか、そのように最初から国際的な連携を含めて開発していくことも重要かもしれませんし、IP や部分的な開発について海外の技術を積極的に取り入れることも、オープンに議論されてよいのではないかと考えています。(オブザーバー 近藤 慶応大学教授 (第6回))
- ・ コデザインによって本当に今回、「富岳」の場合は富士通さんがつくられたわけなんですけれども、アーキテクチャにまで立ち入って開発できたというのは非常に強みだと思っていて、聞いたところによると、やっぱり米国でもそこまで各ベンダーに対して踏み込んだ意見は出ていないと聞いていますので、その強みは非常にあったと思います。(オブザーバー 近藤 慶応大学教授 (第6回))
- ・ プロジェクトから始まって、例えばフィージビリティスタディから詳細設計で実装まで、大体六、七年かかっている、さらにそれを5年間、あるいはそれ以上長期にわたって使うということで、大体日本のフラッグシップマシンはほぼ10年サイクルでつくられていて、では次のポスト「富岳」は2030年にできるのかということ、もうその時代にはアーキテクチャも全く変わっているでしょうし、いろいろなところでこの長期化というのは大問題だと思っています。(オブザーバー 朴 HPCI コンソーシアム理事長 (第5回))
- ・ 単一CPUに頼るということのシステムがそろそろ限界かもしれないと。・・・(中略)・・・単一CPUの超巨大システムということのメリットとデメリットをきちんと整理する。それから演算加速装置、GPUなんかが代表ですけども、今いろんな可能性があります。これがどこまで適用できて、どういうアプリケーションに

は強いのか、弱いのかということ。(オブザーバー 朴 HPCI コンソーシアム理事長 (第5回))

- ・ メインの単一アーキテクチャの CPU ベースのものほかに、何らかのサブシステムを違うアーキテクチャで、やはりサブフラッグシップシステムとして考えるというのは1つの考え方かと思います。(オブザーバー 朴 HPCI コンソーシアム理事長 (第5回))
- ・ 汎用的なエコシステムをなるべく保持しながら性能向上していくというのは、実は非常に本質的なことだと思っています。なので、オーダー n アルゴリズムに変化していった、変な計算アクセラレータみたいなものは実は入れないで、メモリのほうを、一番その主眼的になるメモリのほうを進化させていく、メモリ帯域やネットワーク帯域、I/O 帯域と進化していくようなアクセラレーション技術というのを開発していくというのが本流である(オブザーバー 松岡 理化学研究所計算科学研究センター長 (第5回))
- ・ 我々は、計算オーダーや、データ移動のエネルギーを減らしていくというところに全てがかかっていると基本的には思っています。そのためには、しかしアルゴリズム自身もそっちに行かなくてはならない。今後アルゴリズムの進化というのが、そういう、オーダーが低く、今は $n4$ 乗とか $n5$ 乗とか、そういうアルゴリズムが出てきていますが、例えばニューラルネットワークだと $n3$ 乗、トランスフォーマは $n3$ 乗ですけど、これを $n2$ 乗だとか、 $n \log n$ とかにやっていけるか、そういうスパースなアルゴリズムに変換できていくか、今そういう流れがあるわけです。そういうことができると、データ移動のエネルギーを減らしていくことで、大幅な速度向上が可能となるというようなビジョンが見えてまいります。
(オブザーバー 松岡 理化学研究所計算科学研究センター長 (第7回))
- ・ 基本的な演算原理というのが今後どういう形で発展していった、それがハードウェア設計やソフトウェア設計にどう影響を与えていくかというところを根本的に捉えていく、これが非常に重要で、それをいろいろなアプリケーションから抽出していく、それをハードウェアで実現できるかと、そういうところのフィジビリティスタディをぜひやっていかなければいけないかというのが問題意識としてあります。(オブザーバー 松岡 理化学研究所計算科学研究センター長 (第7回))
- ・ 計算機アーキテクチャの観点から考えると、HPC ではソフトウェアの多様性と言いますか、ソフトウェアの発展を止めるようなハードウェアをつくっては絶対駄目だと思っております、とあるアプリケーションにがちがちに固定した専用マシンをつくるというのは、私は反対です。今回の「富岳」で、汎用性をきちんと重視した上で、この性能を達成しているというのが非常に重要な本質だと思っています。・ ・ (中略) ・ ・ 将来スパコンをどう使うかを前提にしたコデザインが必要だと思えます。その中でソフトウェアの多様性を担保する汎用性を保ちつつ、

どこまで専用性を使って性能を上げるかという部分の見極めが HPC でのコデザインの重要な点になると考えています。(井上委員 (第 6 回))

- ・ やはり HPC では、ターゲットアプリケーションが複数あること、あるいは新規の応用分野もこれから出てくると想定されること、またさらに、各アプリケーションでもアルゴリズムが日々改良されているということもありまして、ホワイトペーパーで言及されている重要な点としては、やはり特定ドメインで優位性を発揮できる一方で、様々な処理を実行可能な広義のアクセラレータを前提として考えるべきであろうということが述べられています。(オブザーバー 近藤 慶応大学教授 (第 6 回))
- ・ 先ほどのエコシステムと突き合わせると、やはり汎用で、いろんな分野で速く動くものしかつくれないわけですね。そうすると GPU の、ジェネラリティーを持ったものしかできなくて、そうすると、それをウイーク・スケーリングすると、それは homogeneous をつくるしかないわけです。つまり、GPU、CPU で何万ノードあるとか、そういうマシンしか意味がないわけです。(オブザーバー 松岡 理化学研究所計算科学研究センター長 (第 6 回))
- ・ HPC 系のアプリケーションを対象にコデザインしてきて、だから「富岳」が 4 部門で 1 位ということになっているわけですけど、でも、じゃあ売れるマシンができたというふうに思えるかというところ、かなりそっちのワークロードに特化し過ぎているというところも否定はできなくて、日本で、例えばこれから IT の産業とかクラウドベンダーとか、木村さんがおっしゃっていたような方向で エコシステムみたいなのところになかなかつながっていかないんじゃないかというのもあると思うんですね。(田浦委員 (第 6 回))
- ・ やはり 100 倍というのは非常に大変でして、あくまでもやはりピーク性能を議論するのは、このムーアの法則が終わっていく時代にとってはなかなか厳しいのかなと、そういう意味でデータのバンド幅とか、あるいはアプリの方にも協力いただいて、64 ビットではなくて、もう少し単精度とか、もう少し半精度とかも含めて使っていただきつつ、実効的な性能を 100 倍にするという、そういうことをアプリの皆様と CS 側の人たちが協力して考えていく、そういう時代に入っていくというふうに考えています。(オブザーバー 近藤 慶応大学教授 (第 6 回))
- ・ 私個人としては、汎用性の意味として、特定のドメイン、その時代によって何が求められるのか、今、機械学習が必要ですという話がありますがけれども、そういうものが流れていく中で、特定のドメインに柔軟に特化できるといったような汎用性、柔軟性の高さというのが必要なのかなと思っております。(藤井委員 (第 7 回))
- ・ フラッグシップはとにかく、最も速いコンピュータで、今まで考えられなかったようなことをやっていく、ブレークスルーを起こすためのマシンであるというふうに思います。・・・(中略)・・・アプリ性能でいって 100 倍以上という、2 けたを

超えるような性能、これを創造して初めてブレークスルーというのが考えられるのではないかなと思いますので、これは単にフロップスがいいという話ではなくて、アプリ性能をどうやったら達成できるかということ、まず技術的な可能性を考える必要がありますし、それによって実際どういうブレークスルーが起きるのかというアプリ面での意義や有効性、この辺りをよく検討する必要があるのかなというふうに思います。(三好委員 (第7回))

- ・ 「富岳」も PyTorch だとか、そういう深層学習のフレームワークがきちんと装備されていますが、やはりそういうフレームワーク、ソフトウェアが重要です。・・・(中略)・・・富岳ではハードウェアだけではなく、コデザインでソフトウェア設計もありますが、深層学習フレームワークのようなインターフェースのソフトウェア設計というのも何か力を入れていく必要があるのではないかと思います。(上田委員 (第6回))
- ・ 新しい何かができるときに、いわゆる可搬性がよくて、新しい技術を使えることができるようなフレームワークが必要です。・・・(中略)・・・そういうフレームワークというのも計算基盤と一緒に、並行してつくっていかないと、いろいろなところで立ち後れるんじゃないかと考えている次第でございます。(上田委員 (第7回))
- ・ 常にアプリケーションのポータビリティを視座に入れていただきたいという部分です。・・・(中略)・・・例えば、アプリケーションのポータビリティだけではなく、中野先生も御指摘されていましたが、データのポータビリティも含めて、ぜひ御検討いただきたいと思います。恐らくネットワークも含めて、全体アーキテクチャに大きなインパクトがあるような、そのポータビリティという考え方の整理というのを検討願えればと思っています。(山本委員 (第7回))
- ・ 計算能力はもちろん、それは必須なのでありますけれども、データの解析、つまりデータ処理の能力というものも非常に重要になる (合田委員 (第7回))

(量子コンピュータ)

- ・ どのデバイス、どの方式に限ってやるというのは、次世代のフラッグシップに関しては、まだ私は早いと思っております。ただ、次世代フラッグシップの方々が常に量子コンピュータの発展を目に入れるという意味では、その人たちをうまく、シミュレーターをつくるようなところでスパコンと、「富岳」の方々と量子コンピュータの人たちが交流を持つとか、そういう機構が必要かなというふうには思っているところです。(伊藤委員 (第4回))
- ・ スパコンの人と量子研究の人が交わる、一番単純で、これは最終目的では全然ありませんが、単純な方法の1つは、スパコン「富岳」を用いてゲート型量子計算のシミュレーターの開発をするということです。スパコン「富岳」で量子計算を実行できるようなシミュレーションをつくる、そうするとスパコンの中堅、若手

の人たちが、量子コンピュータとはどういうふうなものか、またその可能性とか現実性ということを肌感覚で分かるようになると思います。(伊藤委員 (第4回))

- ・ 量子コンピュータ等の新しい計算原理に関しては、やはりスーパーコンピュータが必要というところで、4月から理化学研究所でも量子コンピュータセンターが、中村センター長を中心にできましたが、そちらに我々も供与していくと。特に量子コンピュータのシミュレーションを「富岳」で行う、先日 NVIDIA から発表がありましたが、我々のほうが NVIDIA と比べるとはるかに大きいシミュレーションができるので、そのようにシミュレーションをやって、数百 Qubit 級のシミュレーションが行えるようなことを目指すとか、さらに、アルゴリズムの探究。どういうところ、先ほど申しましたカテゴライゼーションで言えば、どうしても最終的には量子アルゴリズムに頼らなければいけない領域は何であるかというところをきちんと探究していく (オブザーバー 松岡 理化学研究所計算科学研究センター長 (第5回))
- ・ 日本で近い将来、量子コンピュータを使える環境がほとんどないという状況になると、非常に情報科学の技術の発展の後れに、取り残されてしまうような状況になるのではないかというのを危惧しています。(荒瀬委員 (第7回))
- ・ グーグルでいいますと、2029年に100万量子ビットというロードマップを掲げているというようなこともございます。ですので次世代の最先端の計算技術として、人材育成など、もしくは量子コンピュータを実現する上で HPC 技術がどうやって使えるのかというのも見据えていくべきかなと考えております。(藤井委員 (第7回))

(ネットワーク (通信基盤))

- ・ 総合的に勝つためには、やはりその辺り、データ転送も含め、本当の意味で実感するところで、そういうところも全部ケアされないと世界には勝っていけないのではないかなというふうに、これはあくまでアプリケーション側の要望でございますけれども、そういう意味での統合化というのが非常に重要であるというふうに主張させていただきました。(オブザーバー 奥野 京都大学教授 (第4回))
- ・ サーバーという箱は必要なくなって、必要な CPU あるいは GPU、あるいはメモリなんかは直接光でつながっていく、この光のデータ伝送路でつながっていくというふうになると、確かに物理的な遅延時間は最後まで残りますけれども、その許せる範囲であれば柔軟にこういうコンピュータをつくることができ、こういうものが結ばれていく。先ほど冒頭に御紹介したように、今本当にあるロケーションの電力が足りなくてこういう処理ができないということであれば、物理的にそれを分散して、CPU も分散してメモリも分散して、でもこれはあたかも1つの

大きなコンピュータであるようにつくる。まさにここに挙げているようなディスプレイアグリゲートドコンピューティングと呼んでいますけれども、これを実現していきたい（オブザーバー NTT 川添氏（第4回））

- ・ データ同化の部分と観測部分とシミュレーションの部分は物すごい帯域が必要なんです。だからストレージに、それこそ分散していても駄目だし、ストレージにしまっておけるだろうということはできなくて、リアルタイムに1台のマシンでこれらが結合できなくては、まさに高速な、何ペタバイト・パー・セカンドに動くようなネットワークを活用して、これらが有機的に結合しなくてはいけないわけです。（オブザーバー松岡 理化学研究所計算科学研究センター長（第5回））
- ・ （オブザーバー 川添 日本電信電話株式会社常務執行役員の発表「限界打破のイノベーション IOWN 構想について」を受けて）通信業界としてこういう方向、光に持って行って、計算の部分にまで光が入ってくるということで、どこからが通信で、どこからが計算か分からなくなるよというようなお話も含めて、未来の構想をお話いただきました。我々、次世代計算基盤を考えていくこの部会におきましては、やはりこういう通信基盤がどうなるかということは常に見ながら話をしないとイケない（安浦主査（第4回））
- ・ 社会的・科学的課題を見据えつつ、その解決に必要な計算科学、データ科学的なアプローチと、その実現に必要なネットワークも含めた全体のロードマップを示していく必要性（オブザーバー 小林 東北大学教授教授（第3回））
- ・ スパコン屋さんとアプリケーション屋さんというのかなり、特に「京」ができてからすごい密に連携し合うようになっていて、うまくいっていると思っていて、一方でネットワーク屋さんとアプリ屋さんの議論の場というの結構あるというのは認識しているんですけど、最後のような話を聞くと、その3者がそろった場というの実は必要な気がしている一方で、そういった機会というの少ない（合田委員（第4回））

・アプリケーション開発の方向性

- ・ アカデミアで学術研究としてやるレベルのものだけではなくて、そこから産業界等へ波及していくというのこれからどんどん増えていくはずで、今既にそうなりつつありますので、その意味で言うと、長い期間使えるように、普及まで含めて、アプリケーションソフトウェアの普及まで含めて考えていただきたいというのが要望（常行委員（第3回））
- ・ 次世代の計算基盤と、それからそれを使う、あるいはそのアプリケーション開発をするという人たちが、両側が車の両輪になって開発を進めなければいけない。「富岳」ではこれは非常にうまくいったと思いますが、それを続けて、さらに躍進させなければならないと。また、アプリケーションは、つくった人だけではなくて、世の中に、あるいは世界に広まるような形で、それを使った人が次の

アプリケーションをつくるというようなエコサイクルができる必要があると思います。(オブザーバー 朴 HPCI コンソーシアム理事長 (第5回))

・効果的な運用、利活用促進について

- ・ ユーザにとっては実際に運用する段階でサポート体制が充実されているということが非常に重要ですので、サポートがしづらいようなスパコンであると、これは何をやっているか分からないと、一部の人しか使えないようなスーパーコンピュータにやはりなってしまいますので、サポートのことも考えてスパコンの仕様というのはやはり考えないといけないだろうと思っています。(オブザーバー 奥野 京都大学教授 (第4回))
- ・ 例えば機械学習が重要だというのでフレームワークを入れるとか、コンテナを入れるとか、後からでもできるようなところについては対応していているところだとは思いますが、でもそういう要求自身もこれからどんどん変わっていくわけで、問題は、だからそれにいかに速く追従できるような環境を提供できるかという話だと思っています。それは何が根本的な問題かというところ、モノリシックな1つの環境で、管理は全部センターの側というか、マシンを提供している側だけがやって、各ユーザが勝手に環境構築できないと、そういうところに根本的な原因があって、それはやろうと思ったら、要するに今のクラウド、仮想化環境で、各ユーザに管理者権限を与えて合成できるような、そういう環境をつくっていかなければいけない。(田浦委員 (第7回))
- ・ ABCIのように広く使われ始めているインフラのように、HPCIが、これは有料であってもいいので、もっと非専門家が、HPCが専門でない者が使えるような仕組みにしてほしいというふうなことを思いました。・・・(中略)・・・一部の人が研究のために使うインフラよりも、利用がどれだけできるかということが重要な指標になってくるのではないかと、それを目標にするような仕掛けをぜひ考えてほしい(相澤委員 (第7回))
- ・ ユーザビリティについて御検討を進めていただきたいという部分です。これは申請系も含めた、それこそヒューマン・イン・ザ・ループではないですが、人間がどのような形でこの計算資源をうまく使っていくかという観点から、全体のアーキテクチャを鑑みながら、どのサービスをどのタイミングで、どのような形でどんどん変えられていくかといった観点含め、ぜひそのユーザビリティの部分を御検討いただければと思います。(山本委員 (第7回))
- ・ 汎用性を指すのであれば、どういうふうに使われるのか。全ての人と同じ申請方法であったり使い方を許可されるのでなくてもいいとは思いますが、どういうふうにユーザを分けて効率よく使っていくかという面も課題になってくるのかなと思っています。(荒瀬委員 (第7回))

- ・ 次世代計算機基盤のファシリティマネジメントこそ、すごく優れた人が誘導することで、非常に連続的に見えて、かつ世界一のものが、やるべき人には使えるというようなサービスの世界を展開しなくてはいけないのではないかというふうに今思っております。そのファシリティマネジメントはシームレスで、インターフェースは国際共通で、先ほどどなたかおっしゃったように、データも含めてトランスペアレンシーで、かつそのときに何をやったかが記録できる。そしてデータも含めて、セキュリティなんかも併せてトレーサビリティとリネージ、どこからどういうふうに行われたかという管理をしながら、最後に流体力学から医学まで、ユーザフレンドリー、かつアベイラビリティを実現できるような優秀な方が、ぜひファシリティマネジメントに力を入れていただきたいと思っています。
(中野委員 (第7回))
- ・ 今は調達機関のほうが圧倒的に多くて、種類のほうが圧倒的に少ない。ですから、もうちょっと考え方をリセットすることも必要、つまり調達力を大きくして、よりリッチなものを選ぶ・・・(喜連川委員 (第3回))
- ・ 長期的展望において、現状のようにスパコンを本当にばらばらに、つまりここにあるのはほとんど同じスパコン、これを全部ばらばらに、本当に多機関が維持するんですかということです。何でクラウドにしているのかというと、計算リソースを維持管理できるようなパワーがないからコンソリデーションしている。それと同じような構図がもう既に、ここに厳然として見えているということを我々は直視するする必要があるのではないかと。こういう議論というのは、いまだかつて情報委員会でもしたことがないのではないのかなと思います。(喜連川委員 (第3回))
- ・ コンソリをどういうふうにかえるのかというのは、もう何回も話には出ながら、やはり消えてしまっています。・・・(中略)・・・今の時期だからこそそういう議論ができると思いますので、ぜひこの委員会でも考えていきたい問題 (高橋委員 (第3回))
- ・ 具体的には調達の話とか、そういうような自分たちの思う方向に物事を進めていく、そこに至る道みたいなところの、多少理想的な話とは違うかもしれないけれども、でもそのアプローチに関して自分たちでできることの範囲がどこなのかというところをうまく切り分けて、この中で議論できたらいいのではないかと (相澤委員 (第3回))
- ・ **分野振興、人材育成について**
- ・ キャリアパスは非常に重要でして、やはり活躍する場をつくり上げるということが必要なと、特にシステムなりコンパイラなり、システムソフトウェア関係でしようか、そういうところで研究した方が、やはり産業界で活躍できるような出口がしっかりできているということが必要なと思います。そういう意味で、や

はり産学連携、この分野は必要、ますます重要になってくると思いますし、若い人が出口がわかりやすいアプリだけでなく、その基盤となる技術にも興味を持てるように、HPCI の開発に必要なあらゆるレイヤーで、やはり出口をしっかりと、産業界と連携してつくり上げていくということが必要かなと思っています。(オブザーバー 小林 東北大学教授教授 (第3回))

- ・ 若手の先生方がもっともっと身近に使えるようにすることが一番重要 (喜連川委員 (第3回))
- ・ ハードウェア、アプリケーションというのは非常に重要だけれども、やはりそれを使っていく段においては人にお金をつけてほしいというふうな、その裾野をどんどん広げなければ、本当の意味でスーパーコンピュータを使いこなす、あるいは計算機を使いこなして生命科学の新たな発見につなげるようなところにまでは結局行かないと思っています。(オブザーバー 奥野 京都大学教授 (第4回))
- ・ (アプリ開発の) 予算規模は、実に「京」の時代の3分の1以下に落ちていきます。これは非常にゆゆしき状態だと思っています。もちろん文科省の計算科学関係の予算が絞られているのは重々承知しておりますけれども、結果的に小さく散ってしまって、それでそれぞれのところでなかなか人材育成ができなくなっているというのが実情です。この部分に関してはぜひとも何とか改善してもらいたい・・・(中略)・・・人材育成に関してはソフトウェアの利用者と開発者に分かれるわけで、もちろん利用者のほうが圧倒的に多いんですけども、それぞれの両方が必要で、コミュニティの中でそれをどうやって育成するかというのが重要だと思います。(オブザーバー 朴 HPCI コンソーシアム理事長 (第5回))
- ・ 今後7年-10年を見据えたとすると、こういったネットワークづくり (分野を超えた融合)、計算機を活用した大規模計算と、この日本を代表する大規模な実験施設 (J-PARC) で展開される実験とが、タッグを組んで、新しいネットワークの体制というのを、計算機を使用してやると、素核宇宙で世界的に優位に立てるのではないかなというふうに思っております。(肥山委員 (第7回))
- ・ 「富岳」の結果が今、ニュースで、NHKでいろいろ出ていますけれど、実は次々世代、次の世代の人、小学生に、わあ、コンピュータやりたいと思わせるためには、やはりプログラミングなんかよりは、スーパーカーを見せるように、スーパーコンピュータと、すごい成果というのを見せることが重要で、そのための図鑑のような世界が必要ではないか (中野委員 (第7回))

○その他の観点

(計算データ)

- ・ 計算した人が1次データとしてそれを使うときのデータという意味ではたくさんございますので、それをどう処理してデータ科学として使っていくかということこ

ろは非常に大きな課題（常行委員（第3回））

- ・ やはり HPCI が データ解析流通基盤 として今後重要になっていくであろうという認識の下で、そのデータをどう維持していくかというところが問題になるであろうという指摘がありました。どうしても研究者の皆さんはデータを作り出すまでは熱心ですけど、データを維持し、利用可能な形で展開することには躊躇する傾向がありますので、どういうインセンティブを与えながら維持体制、保守体制、管理体制を作っていくかが課題と思います。あとは、やはりオープンサイエンスという流れと、あと企業との連携でクローズドな形の中で、どのようにその権利を守っていくかだとか、そういうようなところでいろいろな課題があると思いますので、そこを解決して、基盤として発展させていければというような議論がありました。（小林委員（第3回））

（電力）

- ・ NTT、実は今、日本の総電力の約1%を使っている状況です。これがさらに今と同じ勢いで伸びてしまうということは本当に問題であり、これを解決していかないと ICT の発展はないだろう（オブザーバー NTT 川添氏（第4回））