

「次世代計算基盤に係る調査研究」 における検討結果について（案）

令和7年3月 「次世代計算基盤に係る調査研究」評価委員会

「次世代計算基盤に係る調査研究」事業の経過について

- 文部科学省では、ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤について、我が国として独自に開発・維持するべき技術を特定しつつ、要素技術の研究開発等を実施するため、令和4年度より「次世代計算基盤に係る調査研究」事業を実施。
- 本調査研究を実施する調査研究チームの審査を行うほか、研究の進捗の把握や成果に関する評価を行うため、令和4年6月に「**次世代計算基盤に係る調査研究**」**評価委員会**（以下、評価委員会）が設置された。また、事業の円滑な推進を目的に、調査研究チームに対し必要な指導・助言等を行う**プログラムディレクタ**（以下、PD）が文部科学省の指名に基づき配置された。
- 評価委員会では、第1回（令和4年7月）でのヒアリング審査を経て、調査研究実施チームを「**システム研究調査（理化学研究所）チーム**」「**システム研究調査（神戸大学）チーム**」「**新計算原理調査研究（慶應義塾大学）チーム**」「**運用技術調査研究（東京大学）チーム**」の4つに決定。以降、PDにおいて定期的に各チームの調査研究の進捗確認を行うとともに、評価委員会においても、継続的に各調査研究チームの進捗・成果に対する評価を実施。
- 令和5年度までの評価委員会での議論の内容は、HPCI計画推進委員会 第55回（令和5年12月）、第57回（令和6年3月）において報告を行い、「次世代計算基盤に関する報告書 最終取りまとめ（令和6年6月）」にも反映されたところ。
- 令和6年度も含めた調査研究の結果のポイントとこれまでの評価委員会での議論をまとめるとともに、文部科学省及び開発主体である理化学研究所に対しては、以降の内容を踏まえて取組を進めることを期待。

今後の開発・整備において期待される取り組み（1）

フラッグシップシステムについて

（システム構成について）

- 評価委員会においては、システム調査研究を行う2チームより、計6つのシステム構成の提案を聴取。2030年頃に運転開始をする新たなフラッグシップシステムについては、**理化学研究所チームの提案する、国産CPUと加速部を高性能の接続方式で組み合わせたシステムが、2030年以降の継続的発展性と将来的な拡張性が確保され、幅広いユーザーニーズに対応可能な次世代の我が国のフラッグシップとなる計算基盤として適当である**と考えられることから、これを支持。
- 今後、開発主体においては、**さらに高性能の接続方式の実装や、優れた性能を有するメモリの実装を追求すべき**。また、既存のアプリケーションの移行や性能向上に加えて、革新的な利用を模索する新たなユーザを開拓し、新たなフラッグシップシステムの成果の最大化を図ることを期待。その際、加速部を含むシステム全体を効果的に管理できるよう対応を検討すべき。
- 神戸大学チームの提案したシステム構成については、AI向けプロセッサを用いたより幅広い計算の可能性や革新的なメモリ実装技術等の挑戦的な検討がなされ、**その潜在的な能力も明らかにされたが、現時点では幅広いユーザーの受け皿となるフラッグシップシステムに導入する段階には至っていない**。我が国のフラッグシップシステムとして必要なユーザーニーズに応えられるよう、実効性能の見込みのさらなる精緻化とともに、大規模かつ多様なユーザーニーズに対応出来る設計を具体的なエビデンスとあわせて示し、**ユーザーとの対話も通じて、将来のフラッグシップシステムとして選択肢となりうる水準を実現できるように今後のさらなる取組が進められることを期待する**。

（フラッグシップシステムの整備・運用について）

- フラッグシップシステムの整備・運用方法については、運用技術調査研究チームにおいて検討が進められ、評価委員会において取組状況を確認。我が国のフラッグシップとして現行の富岳の利用者にとっての移行性の確保が重要であり、既存のアプリケーションの円滑な移行と性能向上を十分に確保することに加えて、今後のHPCIの資源量の見込みなど、フラッグシップシステムの検討に重要なデータを提供。
- 開発主体は調査研究で検討された**高温水冷却等の省エネ技術や、コンテナ環境を含む幅広いニーズに対応した運用環境等**を積極的に導入することを期待。また、整備に係るファイナンスについて、さらに深掘りした調査研究が行われることを期待。

今後の開発・整備において期待される取り組み（2）

HPCIとの連携について

- 運用技術調査研究チームでは、資源管理やデータ利活用、サイバーセキュリティ等、ポスト「富岳」時代のHPCI全体の運用改善のための調査を実施。また、新計算原理調査研究チームでは、量子コンピュータをはじめとする新たな計算原理の役割について調査を実施。これらの取組について、評価委員会において調査の進捗状況を確認してきたところ。
- 資源管理やデータ利活用については、フラッグシップシステムと国内の主要な計算基盤、データ基盤、ネットワークの一体的な運用に向けて、いくつかの有望なソフトウェアについて、その有用性や実現可能性の検討、実システムでの実証がなされた。今後は、**改善の主体やスケジュール、費用などの具体的な計画の検討を進められることを期待。**
- サイバーセキュリティについては、基盤センターへのヒアリング等により、満たすべきセキュリティ要件のまとめがなされたところ。**作成したセキュリティ要件の妥当性のレビューを進めるとともに、セキュリティ要件に基づく各システムの検証やチェック体制の在り方、一定的運用に伴う認証の統一について議論が進められることを期待。**
- 量子コンピュータについては、計算機の立場から量子コンピューティングの現状を調査し、早期にHPCIを介した利用環境を提供することの重要性を指摘。**国内の量子ハイブリッドの取組と連携をして、国内の研究者に対して利用環境を提供する具体的な計画の検討がなされることを期待。**

今後の取組について

- HPCI計画推進委員会の最終取りまとめにおいては、技術評価・研究開発を継続することの重要性が指摘されており、「次世代計算基盤に係る調査研究」終了後も、**将来のシステムを見据えた取組を進めるべき。**
- その際には、**フラッグシップシステムの開発・整備やHPCIの改善に具体的につながる取組に重点化するとともに、開発主体である理化学研究所と連携することで、効率的な事業の推進に努めるべき。**
- また、今後の取組においては、**本調査研究の実施者から得られた意見等を踏まえて、進捗管理やアウトリーチ、プロジェクト間の連携などマネジメントの一層の改善に努めること。**
- 国は、既存アプリケーションの移行を促進するための支援プログラムの実施や、様々な分野で世界トップレベルの成果創出を促進するための研究開発プログラムの実施、新たなフラッグシップの利用を見据えた検証環境・技術サポート、新規ユーザー開発のための取組を継続的に進めるべき。

参考

「次世代計算基盤に係る調査研究」事業の経過

令和4年度

2022年5月～ 公募開始、採択チームの決定

- 以下の達成目標を掲げ、全7件の応募より、理化学研究所、神戸大学、慶應義塾大学、東京大学を代表機関とする4件の採択チームを決定
(参考：https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shinkou/067/mext_02879.html)
- 1. システム調査研究チーム**
チームを構成する各グループの検討結果を総合し、次世代計算基盤として想定されるシステム（アーキテクチャ、システムソフトウェア・ライブラリ、アプリケーション）を提案する
- 2. 新計算原理調査研究チーム**
次期「フラッグシップシステム」と量子コンピュータをはじめとする新たな計算原理（ニューロコンピュータ等）の連携について実現可能性を検討する。上記検討結果等を踏まえ、次世代計算基盤あるいは次世代計算基盤の開発において、新計算原理が担うべき役割を提案する
- 3. 運用技術調査研究チーム**
デジタルツイン技術の進化を支え、世界をリードする研究成果の創出やSociety5.0の推進、SDGsの達成に貢献するプラットフォームとして、運用技術に関して、評価指標として考慮すべき項目の検討を行い、達成すべき目標とその優先順位を提案する

2023年2月 事業期間の延長について議論

- 「次世代計算基盤に係る調査研究」評価委員会（第4回）において審議を行い、事業期間を令和6年度まで延長する方針を決定

2024年2月 システム調査研究チームより、システム構成の選択肢案を提出、選択肢案に対する評価・絞り込みを実施

- システム調査研究（理化学研究所、神戸大学）チームより、次期フラッグシップマシンに採用しうるシステム構成案を提出
(参考：https://www.mext.go.jp/content/20240319-mxt-jyohoka01-000034526_04.pdf)

2024年3月 次世代計算基盤に関する報告書 中間とりまとめ

- 近年の情勢変化や、次世代計算基盤のあり方についての議論を受け、次期フラッグシップシステムに求められる性能・機能、開発整備の手法、利用拡大に向けた取組について取りまとめを実施
(参考：https://www.mext.go.jp/content/20240329-mxt_jyohoka01-000035013_01.pdf)

2024年4月～ 次世代計算基盤のシステム構成案の検討及び、要素技術の研究開発の深堀り

- 参考：https://www.mext.go.jp/content/20231020-mxt_jyohoka01-000032358_01.pdf

2024年6月 次世代計算基盤に関する報告書 最終取りまとめによる提言、開発主体の決定

- 次世代計算基盤に関する報告書 最終取りまとめにおいて、フラッグシップシステムの開発主体が理化学研究所に決定
(参考：https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shinkou/020/shiryo/mext_00003.html)

2025年1月 開発主体（理化学研究所）においてポスト「富岳」の開発・整備を開始

- スーパーコンピュータ「富岳」の次世代となる新たなフラッグシップシステムの開発・整備を開始
(出所：https://www.riken.jp/pr/news/2025/20250122_1/index.html)

令和5年度

令和6年度

次世代計算基盤に係る調査研究

令和4年度予算額： 429百万円
令和5年度予算額： 1,016百万円
令和6年度予算額： 1,016百万円

背景

- ◆ 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 等が連携した研究の重要性がより一層高まっている。さらに、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。
- ◆ 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おり、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。
- ◆ これらの情勢を踏まえると、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ることは必要不可欠である。

次世代計算基盤検討部会 中間まとめ（令和3年8月）

◆ 次世代計算基盤検討の留意事項

技術動向や周辺状況が急速に進化・変化

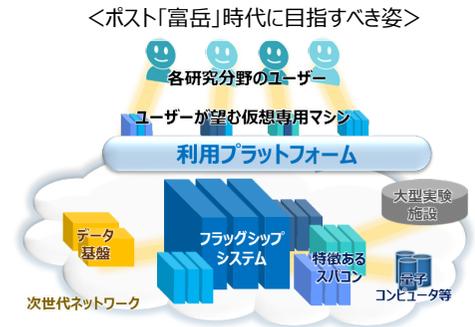
ムーアの法則の終焉等、関連技術が転換期にある、性能の向上に伴い要求される電力量も増大

⇒ 半導体やネットワーク等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、多角的な検討が必要。

◆ 次世代計算基盤の在り方

次期「フラッグシップシステム」及び国内の主要な計算基盤、データ基盤、ネットワークが一体的に運用され、総体として持続的に機能する基盤

⇒ **調査研究（FS）を通じ**、技術的課題や制約要因を抽出しつつ、**実現可能なシステム等の選択肢を提案**



次世代計算基盤に係る調査研究

◆ 具体的には以下の取組を実施。

- ・ **要素技術の研究開発**（併せて、我が国として独自に開発・維持すべき技術を特定）
- ・ **評価指標**の検討（例：演算性能、電力性能比、I/O性能、コスト、運用可能性、生産性（アプリケーション開発のしやすさ）、商用展開・技術展開、カーボンニュートラルへの対応 等）
- ・ **技術的課題や制約要因**の抽出 等

◆ 実施期間：令和4年度～令和6年度

令和6年度取組：前年度までの結果を踏まえ、社会的なニーズや世界的な潮流、技術動向等も見極めつつ、次世代計算基盤のシステム構成案の検討及び要素技術の研究開発の深掘り等を実施

令和5年度までの取組：必要な要素技術の開発、システム候補の性能評価、新たな計算原理を適用すべき領域・分野の検討、多様な計算基盤の一体的運用の検証 等

<FS実施体制（概略）>

文部科学省

報告 ↑ 見直し指示等 ↓

PD会議

指導・助言 ↓

運営委員会/チーム別検討会議

研究チーム

システム	理研、神戸大
新計算原理	慶應大
運用技術	東大

次世代計算基盤に係る調査研究 各チーム研究概要

- ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤の開発にあたり、我が国として独自に開発・維持すべき技術を特定しつつ、要素技術の研究開発等を実施し、**具体的な性能・機能等について検討**を行う。
- システム、新計算原理、運用技術を対象に調査研究を実施。**サイエンス・産業・社会のニーズを明確化し、それを実現可能なシステム等の選択肢を提案**する。

システムチーム

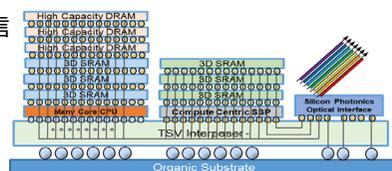
次世代計算基盤として想定されるアーキテクチャ（プロセッサ、メモリ、ストレージ等）、システムソフトウェア、アプリケーションを提案

代表機関：理化学研究所（近藤 正章）

オールジャパンかつ国外ベンダーも含めた体制のもと、高度なデジタルツイン実現の基盤として、電力制約の下で**データ移動と計算を高度化・効率化し、幅広いアプリ分野に適用可能なシステム構築**を目指す。

(例)

- ・システム全体や構成要素について技術的可能性や総合性能の調査（3D積層メモリ、チップ間光通信等）
- ・エコシステムも考慮して国内で開発すべき要素技術を明らかにしつつ、開発ロードマップを策定
- ・アプリ分野において、ポスト富岳時代に必要とされる計算機資源の調査、ベンチマーク構築 等



代表機関：神戸大学（牧野 淳一郎）

世界最高の電力当たり性能を実現している**国産アクセラレータ技術**、AI応用技術を活用し、従来分野の計算性能とAI利用の両方において**高い実行効率を実現できるシステム構築**を目指す。

(例)

- ・神戸大学・PFNが開発するMN-Core Xとそれに適合したCPUによる省電力化、効率改善
- ・ソフトウェア制御による実行効率の高度化、高効率コードの自動生成の実現
- ・商用を含めたアプリ性能の調査 等



新計算原理チーム

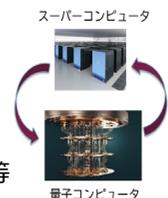
代表機関：慶應義塾大学

(R4~5：天野 英晴、R6：渡辺 宙志)

量子コンピューティング（量子ゲート型、アニーラ型）とスーパーコンピューティングの融合計算を行うための「量子スーパーコンピューティング」の**実現可能性を評価**する。

(例)

- ・量子コンピュータの現状調査
- ・スパコンを用いた量子コンピュータのシミュレーション
- ・量子アルゴリズムとスパコンとの融合
- ・量子/疑似量子アニーリングマシンと高性能計算との連携に関する調査 等



運用技術チーム

代表機関：東京大学（埴 敏博）

大学情報基盤センターが多数参画した体制のもと、フラッグシップ、HPCI第二階層システム群や、mdxなどの**多様なシステムが有機的に結合し、持続可能な次世代計算基盤の実現に向け、運用関連技術を調査**する。

(例)

- ・複数のスパコン間のデータ連携、クラウド連携、セキュリティ等の連携技術検討
- ・省電力運用、再エネ活用、蓄電技術等のカーボンニュートラル実現に資する技術検討
- ・大規模データを効果的・効率的に活用するための仕組みの検討
- ・異なるシステムの相互利用を可能にする運用に向けた環境整備のための調査検討 等

「次世代計算基盤に係る調査研究」実施体制

文部科学省（「次世代計算基盤に係る調査研究」評価委員会）

PD会議

運営委員会／チーム別検討会議

アドバイザー・ユーザWG

令和5年8月時点

システム調査研究チーム（代表機関：理化学研究所）

アーキテクチャ
調査研究

理化学研究所

富士通株式会社

日本AMD株式会社

インテル株式会社

システムソフトウェア
・ライブラリ調査研究

理化学研究所

東北大学

筑波大学

大阪大学

九州大学

アプリケーション
調査研究

北海道大学

横浜市立大学

物質・材料研究機構

海洋研究開発機構

東京大学

筑波大学

理化学研究所

東京工業大学

その他協力機関：株式会社データダイレクト・ネットワークス・ジャパン、国立情報学研究所、名古屋大学、NVIDIA Corporation、Hewlett Packard Enterprise、京都大学、国立天文台、日本原子力研究開発機構、宇宙航空研究開発機構、気象庁気象研究所、Arm Ltd.

システム調査研究チーム（代表機関：神戸大学）

アーキテクチャ
調査研究

株式会社
Preferred Networks

東京大学

国立情報学研究所

神戸大学

名古屋工業大学

システムソフトウェア
・ライブラリ調査研究

会津大学

松江高専

株式会社
Preferred Networks

神戸大学

アプリケーション
調査研究

順天堂大学

株式会社
Preferred Networks

海洋研究開発機構

国立環境研究所

東洋大学

名古屋大学

広島大学

東京大学

神戸大学

産業技術総合研究所

新計算原理調査研究チーム（代表機関：慶應義塾大学）

慶應義塾大学

理化学研究所

九州大学

東北大学

日本電気
株式会社

その他協力機関
：富士通株式会社

運用技術調査研究チーム（代表機関：東京大学）

東京大学

理化学研究所

東京工業大学

国立情報学研究所

その他協力機関：名古屋大学、大阪大学、九州大学、産業技術総合研究所、インテル株式会社、日本オラクル株式会社、日本マイクロソフト株式会社、アルテアエンジニアリング株式会社

「次世代計算基盤に係る調査研究」 評価委員会 メンバー (◎：主査、○：主査代理) (50音順)

相澤 清晴	東京大学大学院情報理工学系研究科 教授
井上 弘士	九州大学大学院システム情報科学研究院 教授
上田 修功	理化学研究所革新知能統合研究センター 副センター長
奥野 恭史	京都大学大学院医学研究科ビッグデータ医科学分野 教授
後藤 厚宏	情報セキュリティ大学院大学 学長
高野 了成	産業技術総合研究所 デジタルアーキテクチャ研究センター 副連携研究室長
常行 真司	東京大学大学院理学系研究科 教授
中川 八穂子	日立製作所研究開発グループデジタルサービス研究統括本部 デジタルサービスプラットフォームイノベーションセンタ シニアプロジェクトマネージャ / 研究開発本部技術戦略室 Chief Digital Officer
中野 美由紀	大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 理事
藤井 啓祐	大阪大学大学院基礎工学研究科システム創成専攻 教授
○ 藤井 孝藏	東京理科大学工学部情報工学科 客員教授
◎ 安浦 寛人	国立情報学研究所 副所長 学術基盤チーフディレクター / 特任教授 (公財) 福岡アジア都市研究所 理事長

(令和6年6月時点)

「次世代計算基盤に係る調査研究」 PD名簿 (50音順)

小林 広明	東北大学大学院情報科学研究科 教授 / 東北大学サイバーサイエンスセンター センター長特別補佐 / 東北大学総長特別補佐 (ICT革新担当)
田浦 健次朗	東京大学情報基盤センター センター長
朴 泰祐	筑波大学計算科学研究センター センター長