

「次世代計算基盤に関する調査研究」 における検討状況について (システム調査研究)

次世代計算基盤FS システム調査研究の状況

- 次世代計算基盤について、特にフラッグシップシステムのシステム構成について、理化学研究所、神戸大学を代表機関とする2チームにおいて取組を実施。
- 2チームからは、次期フラッグシップシステムに採用しうるシステム構成の可能性として、計6提案の提出がなされた。評価委員会において、提案の内容や自己評価の妥当性を確認し、今後検討を進めるべきシステム構成について議論。

システム調査研究チーム
(代表機関:理化学研究所) **5提案**

システム調査研究チーム
(代表機関:神戸大学) **1提案**

自己評価及びPDとの調整

評価委員会

- フラッグシップシステムとして実現しうるシステム構成について、提案の内容、自己評価の妥当性を確認。

<提案のポイント>

- 6提案全てが、CPUに加えて加速部を採用。国内企業のCPUを採用した提案が2案、国内企業のアクセラレータを採用した提案が2案あった。
- 超最先端プロセッサ・メモリ三次元実装技術、Processing-in-Memory (PIM)などの技術についても検討が行われたが、将来の基盤整備で利活用の期待がされるとして、今回の提案には含まず、次回以降のシステムの入替え・拡張において反映を検討すべき技術とされた。
- システム更新に係る端境期を生じさせず、円滑に更新を行う整備方法について検討がなされ、拡張的な整備やテストベッドの導入などについて提案がなされた。

	提案の概要	参考:「富岳」
システム理論性能(倍精度, AI向け半精度)	3.4~18 Eflops, 91~154 Eflops	0.54 Eflops, 2.5 Eflops
システム全体のメモリ容量, メモリバンド幅	4.5~127PB, 0.45~3EB/s	4.85PiB, 0.16EB/s
消費電力	25~40 MW	30MW

※ 現時点での全て提案の単純まとめ。開発リスクの高いもの等を含む。

※ 開発の目標は「実効性能」で示すことを想定しており、表中の理論性能は参考として記載。

評価委員会の議論及び今後のシステム構成検討の方向性

- 新たなフラッグシップシステムにおいては、技術の維持・発展やこれまで「富岳」を使ってきたユーザーの継続性を確保する観点から、国産のCPUを採用することが望ましい。
- また、更なる性能向上や生成AIをはじめとする幅広いアプリケーションへの対応を念頭に、加速部を導入したシステムとすることを支持。CPUとの接続方式については更なる検討が必要。
- 現在の多くの大規模計算においては、計算処理能力に加えて、メモリの容量や帯域幅が律速となっていることから、優れた性能を有するメモリを実装したシステムを中長期的に追求すべき。
- 国産技術でシステム全体を作り上げる人材、ソフトウェアを開発する人材、海外技術を取り込みながら国際連携ができる人材などは極めて重要であり、フラッグシップシステムの開発にはこうした人材育成の視点も必要。
- 将来のニーズの変化や最新の技術動向に対応するために、切れ目なく適時・柔軟にシステムを入れ替えるまたは拡張する整備方針が望まれる。
- 上記を満たすシステム構成について、速やかに開発プロジェクトに移行できるよう中央までに更なる具体化を図るとともに、これまでの検討の取りまとめに向けて必要な取組を実施する。
- また、フラッグシップシステムと第2階層との連携に向けた調査や、将来の実装が期待される技術について、引き続き技術評価等の調査を進める。

参考

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。

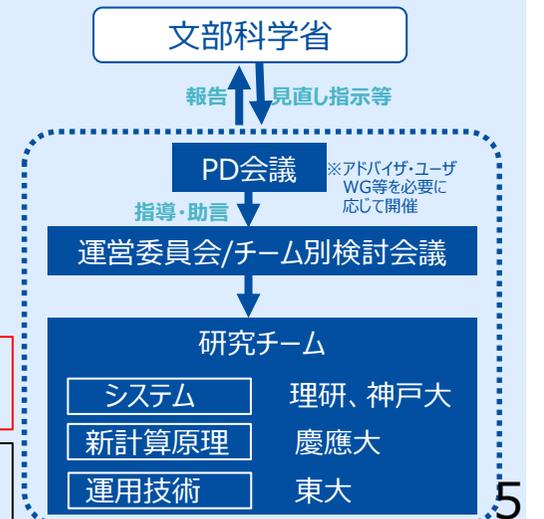
- ・ **要素技術の研究開発**（併せて、我が国として独自に開発・維持すべき技術を特定）
- ・ **評価指標**の検討（例：演算性能、電力性能比、I/O性能、コスト、運用可能性、生産性（アプリ開発のしやすさ）、商用展開・技術展開、カーボンニュートラルへの対応 等）
- ・ **技術的課題や制約要因**の抽出 等

◆ 実施期間：令和4年度～令和6年度

令和6年度の取組：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）>



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。

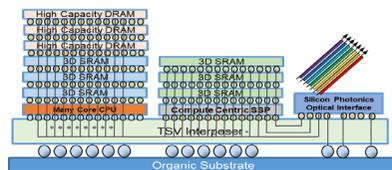
システムチーム 次世代計算基盤として想定されるアーキテクチャ（プロセッサ、メモリ、ストレージ等）、システムソフトウェア、アプリケーションを提案

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

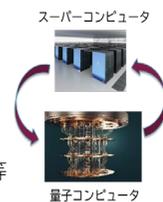


新計算原理チーム 代表機関：慶應義塾大学（天野 英晴）

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
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プラットフォームイノベーションセンター 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	津田塾大学学芸学部情報科学科 教授
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 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

「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 健次郎	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

次世代計算基盤FS これまでの検討経緯

□ 評価委員会

- 第1回 令和4年 7月 5日、6日 調査研究公募への申請課題のヒアリング審査
 - 第2回 令和4年 9月16日
 - 第3回 令和4年12月 1日
 - 第4回 令和5年 2月16日
 - 第5回 令和5年 7月 7日
 - 第6回 令和5年10月27日
 - 第7回 令和6年 2月 6日
 - 第8回 令和6年 3月11日
- 進捗状況及び実施計画の確認
- システム調査検討におけるとりまとめの進め方について
システム構成案に関するヒアリング
システム構成案に関するヒアリング、絞り込みの議論

□ PD会議

- 第1回 令和4年 8月30日
- 第2回 令和4年11月11日
- 第3回 令和5年 6月 5日
- 第4回 令和5年 7月31日
- 第5回 令和5年 8月21日
- 第6回 令和5年 9月20日
- 第7回 令和5年10月13日
- 第8回 令和5年11月24日
- 第9回 令和5年12月 6日
- 第10回 令和5年12月11日
- 第11回 令和5年12月27日
- 第12回 令和6年 1月18日
- 第13回 令和6年 1月30日
- 第14回 令和6年 2月15日
- 第15回 令和6年 2月27日
- 第16回 令和6年 3月 4日

□ 運営委員会

- 第1回 令和4年 8月30日
- 第2回 令和4年 9月29日
- 第3回 令和4年10月25日
- 第4回 令和4年11月11日
- 第5回 令和4年12月16日
- 第6回 令和5年 1月31日
- 第7回 令和5年 3月14日
- 第8回 令和5年 4月24日
- 第9回 令和5年 6月 9日
- 第10回 令和5年 8月 1日
- 第11回 令和5年10月18日
- 第12回 令和6年 1月17日
- 第13回 令和6年 3月 4日

□ チーム別検討会

- ※NDA情報を用いた議論など、チーム単位で打合せを行う場として設定。
- システム調査研究チーム（理研）
通算17回
 - システム調査研究チーム（神戸大）
通算14回
 - 新計算原理調査研究チーム（慶應大）
通算1回
 - 運用技術調査研究チーム（東大）
通算3回