

○趣旨・目的

将来の我が国における次世代の計算基盤、データ処理環境及びネットワークに係る事項について推進方策を検討するため、情報委員会のもとに、「次世代計算基盤検討部会」を開催する。

《主な審議事項》

- ・将来の我が国における計算資源、ネットワーク、データ処理環境等の全体像について
- ・次期SINETについて（作業部会設置）
- ・量子コンピュータと従来コンピュータの連携のあり方について
- ・データプラットフォーム構想について

○開催実績と主な議題

- 第1回 令和2年 5月 1日（金）：今後の進め方議論、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
- 第2回 令和2年 7月28日（火）：次世代学術研究プラットフォームの整備について
- 第3回 令和2年11月30日（月）～第7回 令和3年6月21日（月）：次世代計算基盤について
- 第8回 令和3年 7月29日（木）：中間取りまとめ（案）

○部会メンバー（◎：主査）（50音順）

（令和3年4月時点）

相澤 清晴（東京大学大学院情報理工学系研究科 教授）	田浦 健次郎（東京大学情報基盤センター センター長）
合田 憲人（国立情報学研究所アーキテクチャ科学研究系 教授）	常行 真司（東京大学大学院理学系研究科 教授）
荒瀬 由紀（大阪大学高等共創研究院 准教授）	中野 美由紀（津田塾大学学芸学部情報科学科 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）	根本 香絵（国立情報学研究所情報プリンシプル研究系 教授）
上田 修功（NTTコミュニケーション科学基礎研究所 機械学習・データ科学センター代表/ 理化学研究所革新知能統合研究センター 副センター長）	肥山 詠美子（東北大学理学研究科 教授）
海野 裕也（㈱Preferred Networks 執行役員）	藤井 啓祐（大阪大学大学院基礎工学研究科 教授）
後藤 厚宏（情報セキュリティ大学院大学 学長）	三好 建正（理化学研究所計算科学研究センターデータ同化研究チームリーダー）
小林 広明（東北大学情報科学研究科 教授）	◎安浦 寛人（九州大学 名誉教授）
	山本 里枝子（科学技術振興機構研究開発戦略センター フェロー）

情報委員会 次世代計算基盤検討部会 中間取りまとめ (概要抜粋)

次世代計算基盤の必要性

- スーパーコンピュータを含む科学技術・学術情報基盤は、科学技術・学術の成果創出のみならず、産業競争力の強化、Society5.0の実現、我が国が直面する社会的課題の解決に必要不可欠。
- スーパーコンピュータによる大規模・長時間・多数のシミュレーションにより、複雑な生命現象の再現や高精度なデジタルツインの実現等、世界をリードする卓越した研究成果が期待される。また、量子コンピュータの実現等、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。
- さらに、大規模計算基盤を自国で開発・製造・運用・活用できるという経済安全保障の観点は、新型コロナウイルス感染症の拡大によってもますます顕在化。これらに必要な技術・人材の維持・育成が重要。

次世代計算基盤のあり方

- 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、科学技術・学術の成果創出のみならず、技術・人材の維持・育成や産業競争力の強化等の経済安全保障、新たな科学技術の創出、Society5.0の実現、国民の安心・安全の確保等の社会的課題の解決に貢献する観点から必要不可欠。
- ユーザーニーズの多様化や利用分野の拡大・変化に対応するため、「フラッグシップシステム」を頂点とする現在のHPCIから、「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となることが望ましい。

次期「フラッグシップシステム」に求められる役割

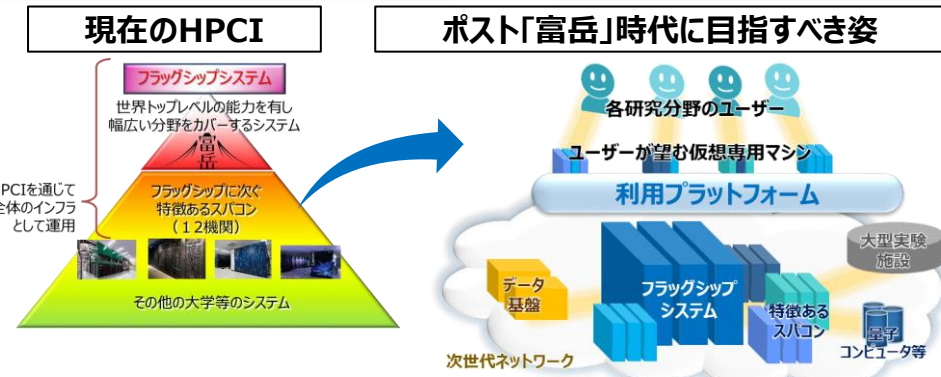
- ① 多様な研究分野で世界をリードする卓越した研究成果を創出する
 - 幅広い研究分野でパラダイムシフトを起こし得る圧倒的な性能・機能
 - 多様な分野や利用ニーズの変化に対応し得る汎用性
 - Co-designによって世界最高水準の主要アプリケーション実効性能

- ② 計算科学・計算機科学において我が国の優位性・独自性を確保する

- 我が国の最先端の技術力・人材を結集し、技術を飛躍的に進展
- 我が国独自に次世代計算基盤を開発・製造、運用・活用できる技術・人材を維持・育成
- 5~10年後に一般的なスパコンで利用可能になる技術を確認し、幅広い研究分野の発展をけん引し、支える
- 量子コンピュータなど新たな計算原理の発展も考慮
- 我が国の独自開発技術と国際協調すべき技術の特定が必要
- アプリケーションも含め、産業への展開を見据えた検討が必要
- サプライチェーンリスクの管理を含む、セキュリティの確保が必要

- ③ 新たな科学技術の創出、産業競争力の強化、Society 5.0の実現、国民の安心・安全の確保等社会的課題の解決に貢献する

- (新たなニーズ、利用形態への柔軟な対応のため、)
- 「フラッグシップシステム」とその他主要スパコン、データ基盤がネットワークを通じて一体的に運用されるための機能
- セキュアに、かつ柔軟に運用されるための機能



- 「フラッグシップシステム」の開発にあたり、半導体やネットワーク等関連技術の動向及び利用ニーズの変化等を踏まえ、調査研究を行い、我が国として独自に開発・維持すべき技術を特定しつつ、具体的な性能・機能等について早急に検討を開始する必要がある。
- HPCIの戦略的な整備・運用についても継続的に議論が必要。

次世代計算基盤に係るシステム検討ワーキンググループの開催実績

<委員>

- 岡田 眞里子 大阪大学蛋白質研究所細胞システム研究室 教授
小野 謙二 九州大学情報基盤研究開発センター センター長
◎ 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)
佐藤 三久 理化学研究所計算科学研究センター 副センター長
田浦 健次朗 東京大学情報基盤センター センター長
高木 亮治 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 准教授
高橋 桂子 早稲田大学 総合研究機構 グローバル科学知融合研究所
上級研究員・研究院教授
常行 真司 東京大学大学院理学系研究科 教授
藤堂 眞治 東京大学大学院理学系研究科 教授
富澤 将人 NTTデバイスイノベーションセンタ 所長
富田 浩文 理化学研究所計算科学研究センター複合系気候科学
研究チーム チームリーダー
中川 八穂子 株式会社日立製作所研究開発グループ
デジタルPFイノベーションセンタシニアプロジェクトマネージャ
兼技術戦略室 チーフデジタルオフィサー
肥山 詠美子 東北大学理学研究科 教授
朴 泰祐 筑波大学計算科学研究センター センター長
吉田 亮 統計数理研究所データ科学研究系 教授

(◎ : 主査、50音順)

<開催実績>

第1回 2021年7月13日 (火)

- 議事運営等について
- 「富岳」開発 事後評価に関する追加説明

第2回9月24日 (金)

- 「富岳」開発 事後評価に関する追加説明
- 次世代計算基盤検討部会中間とりまとめ
- 論点整理
- ヒアリング (計算科学ロードマップの検討状況)

第3回10月25日 (月)

- 「富岳」開発 事後評価票 (案) について
- ヒアリング (システム技術の見通し等について)

第4回11月15日 (月)

- ヒアリング (システム技術の見通し等について)

第5回12月1日 (水)

- 「富岳」開発 事後評価票 (案) の決定
- (HPCI計画推進委員会へ) 検討状況の共有
- ヒアリング (企業の視点から)

第6回2022年2月2日 (水)

- ヒアリング (計算科学ロードマップの検討状況)
- FSで検討すべき内容及び実施体制の検討

第7回2月22日 (火)

- ヒアリング (企業の視点から)
- FSで検討すべき内容及び実施体制の決定

次世代計算基盤に係るフュージビリティスタディの実施に向けた論点整理

○ 次世代計算基盤部会中間取りまとめを踏まえた論点

1. どのような観点で「圧倒的性能・機能」を実現するか（サイエンスロードマップの作成）
2. その際、技術的課題や制約要因をどう乗り越えるか（技術開発ロードマップの作成）
3. 日本が独自に保有すべき技術と国際協調する技術の特定
4. Co-designをどのように進めるか（FS実施体制）
5. スパコン技術・人材の維持をどのように担保するか（FS実施体制、長期計画）
6. 他システムとの一体的運用の具体的方法（クラウド技術、セキュリティ技術）
7. 新たな計算原理との連携可能性（量子コンピュータ、ニューロコンピュータ等）

○ 「富岳」時代と異なる観点

- ・ 従来技術の限界（ムーアの法則の終焉）
- ・ 計算科学の広がり（AI・データ科学、融合分野）
- ・ 産業構造、日本の強みの変化（半導体産業の構造変化等）

○ 必要な情報

- ・ 計算科学の二ーズ深掘り（サイエンスロードマップ）
- ・ 計算機科学の技術動向（要素技術の技術開発ロードマップ）
- ・ 日本における計算機科学の強み・ポテンシャルマップ
- ・ 計算科学・計算機科学の人材の現状
- ・ 計算科学・計算機科学分野に係る論文の国際動向 等

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。

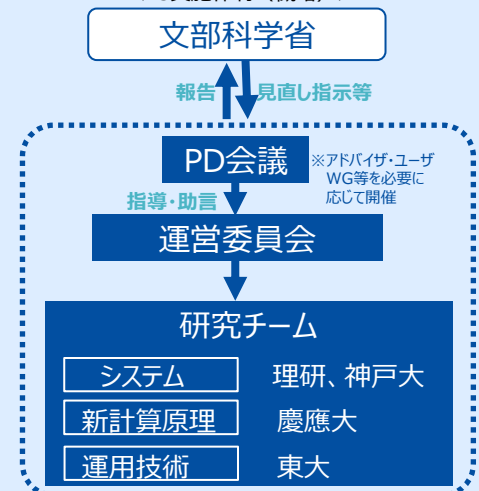
- ・ **要素技術の研究開発**（併せて、我が国として独自に開発・維持すべき技術を特定）
- ・ **評価指標**の検討（例：演算性能、電力性能比、I/O性能、コスト、運用可能性、生産性（アプリ開発のしやすさ）、商用展開・技術展開、カーボンニュートラルへの対応 等）
- ・ **技術的課題や制約要因**の抽出 等

◆ 実施期間：令和4年度～令和5年度 ※令和6年度以降の取組は、調査研究の進捗を踏まえ検討

令和5年度取組：システム候補の性能評価、アプリケーションのコデザイン、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、これらにおいて必要な要素技術の研究開発 等

令和4年度取組：技術や利用分野の動向調査、評価項目・手法の検討 等

<FS実施体制（概略）>



「次世代計算基盤に係る調査研究」実施体制

本調査研究の計画及び成果に関する評価や文科省への助言等を実施。採択以降、これまで2回開催。

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

PD : チームに対し必要な指導・助言等を実施。運営委員会へも参加。
 運営委員会 : 本調査研究の各チームの代表等で構成。各チーム間の情報共有、進捗把握及び成果のとりまとめ等を実施。月に1回程度の頻度で開催し、これまで6回開催。

令和4年7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
	理化学研究所	筑波大学	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	
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	
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
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

(参考) 次世代計算基盤に係る調査研究 各チーム研究概要

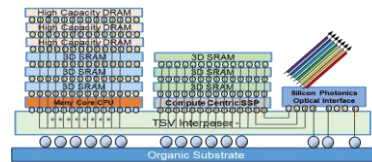
- ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤の開発にあたり、我が国として独自に開発・維持すべき技術を特定しつつ、要素技術の研究開発等を実施し、具体的な性能・機能等について検討を行う。
- システム、新計算原理、運用技術を対象に調査研究を実施。サイエンス・産業・社会のニーズを明確化し、それを実現可能なシステム等の選択肢を提案する。

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。

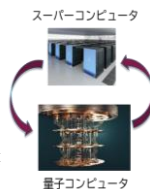
- (例)
- ・神戸大学・PFNが開発するMN-Core Xとそれに適合したCPUによる省電力化、効率改善
 - ・ソフトウェア制御による実行効率の高度化、高効率コードの自動生成の実現
 - ・商用を含めたアプリ性能の調査 等



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（埜 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

	2022年度	2023年度
理化学研究所	テクノロジ・アーキ技術の調査・検討 既存ツールや利用動向調査、ベンチマーク設計 等	ベンチマーク性能解析/予測、新規開発ソフト項目検討・定量的評価、 ベンチマーク評価に基づく性能分析、要素技術開発 等
神戸大学	独自アーキテクチャ暫定版、フレームワーク仕様検討、アプリ調査 等	グループ共同の性能評価・改良、要素技術開発 等
慶應義塾大学	量子コン、量子アルゴリズム、アニーリング関係の調査 等	スーパーコンピュータとの融合に関する技術実証 等
東京大学	技術調査、要件・課題抽出、ポリシー調査 等	プロトタイプ試作検討、技術要件の詳細化、要素技術の実現可能性検討 等

「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