

## 自己点検結果報告書(中間評価用)

課題名: HPCIの運営

### 1. 課題概要

平成 22 年度から平成 24 年度で実施された「HPCI の整備」により、我が国の幅広い HPC ユーザ層が全国の HPC リソースを効率よく利用できる体制と仕組みが整備された。本業務では、この HPCI の共通運用を行うことにより、全国規模でニーズとリソースのマッチングを可能とし、萌芽的研究から大規模研究まで、また産業利用にわたる幅広い HPC 活用を加速するとともに、計算科学技術関連コミュニティを醸成・拡大し、成果の社会還元に資する。共通運用においては、中立・公正で科学的・技術的・社会的根拠に基づき HPCI 共通計算資源を配分するとともに、産業界も含めた幅広いユーザにとって利便性の高い運用を行うことにより、HPCI の利用促進に資する。このため、一般財団法人高度情報科学技術研究機構、国立研究開発法人理化学研究所、大学共同利用機関法人情報・システム研究機構、国立大学法人東京大学、国立大学法人筑波大学(令和 2 年度より)、及び公益財団法人計算科学振興財団は、文部科学省からの委託事業として、関係機関と連携を図りつつ主体的に本業務を遂行する。

なお、平成 29 年度以降は、文部科学省の公募により、一般財団法人高度情報科学技術研究機構を HPCI の運営委託事業の代表機関とし、代表機関以外の上記機関を再委託機関(以下、分担機関と呼ぶ)として運営する。

### 2. 事業の目標

HPCI の運用に関する各項目の目標は次のとおり。

#### (1)HPCI の運営企画・調整(高度情報科学技術研究機構)

(1-1)今後の運営の在り方に関する調査検討 (平成 28 年度までは理化学研究所、それ以降は代表機関に指名された高度情報科学技術研究機構)

HPCI システムの整備と運用、計算科学技術の振興、将来のスーパーコンピューティングに関し、一般社団法人 HPCI コンソーシアムとも連携し、計算科学技術関連コミュニティの意見収集及びその集約に向けた調査検討を実施し、より効率的・効果的な HPCI の運営の実現を図る。

(1-2)技術企画・調整 (平成 28 年度までは理化学研究所、それ以降は代表機関に指名された高度情報科学技術研究機構)

HPCI システム構成機関等が参加する調整の場を設定・運営し、HPCI システムの運用に際して生じる技術的不具合の原因究明・対応策の検討、HPCI システムの全体的な運用に係るソフトウェアの改良に関する検討等を実施する。

#### (2)HPCI システムの運用

(2-1)認証局の運用 (国立情報学研究所)

HPCI システムを構成する計算資源のシームレスな利用を実現するため、認証局を設置し、ID 連携によるシングルサインオンの機能を提供する認証基盤システムを運用、保守する。

(2-2)HPCI 共用ストレージ等の運用・保守(東京大学、理化学研究所)

コミュニティによるデータ共有のためのストレージやデータのプリポスト処理のための計算機を柏(東京大学情報基盤センター)と神戸(理化学研究所計算科学研究センター)の2拠点で運用、保守する。

(2-3)HPCI 共用ストレージ用大規模分散ファイルシステムの機能整備等 (令和元年度までは理化学研究所の機能の一部として、令和2年度以降は筑波大学)

共用ストレージ等の運用・保守と連携して、コミュニティによるデータ共有のためのストレージ資源を高速かつ高信頼に提供するために必要な大規模分散ファイルシステム Gfarm の機能整備等を行う。

(2-4)課題選定及び共通窓口に関する基盤システムの機能拡充 (平成27年度までは東京大学情報基盤センターと理化学研究所、それ以降は高度情報科学技術研究機構)

HPCI 利用課題の選定や HPCI ユーザへの支援を円滑かつ効率的に進めるため、ユーザ管理支援システム、HPCI ヘルプデスクシステム、HPCI 情報共有コンテンツマネジメントシステム(CMS)等の機能拡充を実施する。

(3)HPCI の利用促進

(3-1)課題選定及び共通窓口の運用 (高度情報科学技術研究機構)

HPCI ユーザの窓口業務、HPCI の利用課題の選定、HPCI の広報、HPCI システム構成機関に対する利用負担金の支払事務等を実施する。

ユーザ管理支援システムを活用し、利用課題の公募や申請受理、ユーザ管理、ヘルプデスク、HPCI 計算資源の情報提供を実施して、「京」の利用課題選定の仕組みを活用し、HPCI のすべての計算資源の利用課題を選定する。

委託業務の一環として、「学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点事業(JHPCN)」と連携して、HPCI ユーザ管理支援システムを用いて JHPCN 公募型共同研究の利用課題選定を実施する。

(3-2)産業利用促進 (高度情報科学技術研究機構、計算科学振興財団)

利用者のセキュリティを確保した作業用個室(アクセスポイント)を東京(高度情報科学技術研究機構)と神戸(計算科学振興財団)の2拠点で設置、運用する。併せて両機関により、産業界における HPCI の利用促進を図るため、技術的な利用相談やPR活動、高並列計算の指導・助言、講習会、大規模入出力データの転送等の利用支援を実施する。

**3. 課題の進捗状況等** (令和2年5月1日時点)

**(1) 進捗状況及び成果等について**

① 事業の計画及び進捗状況 (令和2年5月1日時点)

事業項目	平成29年度	平成30年度	平成31/令和元年度	令和2年度		令和3年度
				5月1日		
(1) HPCIの運営企画・調整						
(1-1) 今後の運営の在り方に関する調査検討		調査検討の実施				
(1-2) 技術企画・調整		HPCIシステム運用・保守の取りまとめ				
(2) HPCIシステムの運用						
(2-1) 認証局の運用		運用・保守				
(2-2) HPCI共用ストレージ等の運用・保守		運用・保守				
(2-3) 大規模分散ファイルシステムの機能整備等				調整	運用・保守	
(2-4) 課題選定及び共通窓口に関する基盤システムの機能拡充		機能拡充				
(3) HPCIの利用促進						
(3-1) 課題選定及び共通窓口の運用		運用				
(3-2) 産業利用促進		AP東京及びAP神戸の運用				
		利用促進活動				

\* ) 平成29年9月にアクセスポイント東京を品川区から港区に移転

## ②事業の目標及び計画の変更理由と対応

変更する事項	変更理由	対応
(2-2)HPCI 共用ストレージ等の運用・保守の内、理化学研究所が担当していた機能の一部変更	HPCI 共用ストレージの中核ソフト Gfarm について、次期認証基盤への対応等、高度かつ専門性の高い技術開発が必要になり、この技術開発部分を通常の運用業務(理研、東大)から分離して、本ソフトの開発母体である筑波大学に担当させる必要性が生じたため。	理化学研究所が担当していた業務の一部を分離し筑波大学に再委託する。それに伴い、「(2-3)HPCI 共用ストレージ用大規模分散ファイルシステムの機能整備等」を追加した。

## ③成果について(令和2年5月1日時点)

平成 29 年度以降は、それまでに構築されたシステムを保守・維持することにより、利用者がストレスを感じることはない、また利便性の高い利用環境を継続的に提供した。さらには利用者ニーズに応じた手厚い利用支援・技術支援、人材育成にも繋がる講習会、積極的な情報発信も行われ、これらにより、様々な成果の創出を通じて我が国の科学技術の発展や産業競争力の強化に貢献した。

こうした HPCI の運営において、より効率的・効果的・安定的をキーワードに本事業実施機関(代表機関と 5 つの分担機関)が利用者に寄り添い、運用上の各種の技術的障壁等の解決に向け、主体的に実施してきた内容及びその成果を以下に示す。

### (1)HPCI の運営企画・調整

(1-1)今後の運営の在り方に関する調査検討 (平成 28 年度までは理化学研究所、それ以降は高度情報科学技術研究機構)

ワーキンググループでの検討や意見交換会等を通じて、計算科学技術に関わる全ての者に開かれており、我が国の計算科学技術振興の中心となり活動することを理念とする HPCI コンソーシアムと連携し、現在及び将来の HPCI の運営に関する意見を集約してその内容を本事業の実施に反映することで、より効率的・効果的な HPCI の運営に繋がった。

#### a)ワーキンググループ等による計算科学技術コミュニティの意見収集・集約

HPCI システムの整備と運用、計算科学技術の振興、将来のスーパーコンピューティングに関し、有識者によるワーキンググループを設置し、HPCI コンソーシアムとも連携して検討テーマを設定し、議論を実施した。さらには本事業実施機関や HPCI コンソーシアムの構成機関、各分野の研究者や産業界の利用者等を対象としたアンケートや意見交換会を行い、意見収集・集約の結果を報告書として取りまとめた。

平成 29 年度以降、ワーキンググループ会合を 19 回、意見交換会(又は説明会)を 3 回開催し、意見収集・集約の結果を毎年度報告書として取りまとめた。令和 2 年度及び 3 年度のワーキンググループ活動については、HPCI コンソーシアムと協議・計画する。

b) 計算科学技術コミュニティからの意見・要望に対する HPCI の運用の改善

本業務では、上述のワーキンググループ等を通じて多様な計算科学技術コミュニティの意見収集・集約を進めてきた。また、本事業実施機関においても、日頃から利用者との意見交換が進められている。更に、研究課題の実施に伴い、利用者からの意見集約を実施し、利用支援活動等の HPCI の運用及び報告書に反映した。

c) 将来のスーパーコンピューティングの在り方等に関する報告書の取りまとめ

平成 27 年度までに、企画・調整として計算科学技術推進体制に関する考え方や我が国の計算科学技術を先導するフラッグシップシステムのあり方、HPCI の計算科学技術振興のあり方などについて、計算科学技術コミュニティの意見を踏まえた報告書を取りまとめ、HPCI コンソーシアムを通じて文部科学省に提言した。国においてもその必要性が確認され、ポスト「京」(現「富岳」。以下同じ)の開発、「ポスト『京』」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題に関するアプリケーション開発・研究開発」のプロジェクトも開始された。また、大学情報基盤センター等において、「京」に匹敵、さらには凌駕するスーパーコンピュータの整備が進んでいることを受け HPCI を取り巻く環境が変化しつつあり、その在り方をさらに継続的に検討していく必要性も確認された。

平成 29 年度以降では、従来通り HPCI コンソーシアムと協力して、喫緊の課題としてポスト「京」への移行期における HPCI 第二階層計算資源の活用の在り方に主眼を置いた調査・検討を行い、文部科学省へ報告した。

具体的には、平成 29 年度では、フラッグシップ計算機の移行期における HPCI としての多様な計算機の集合体からの計算機資源提供の在り方及びフラッグシップ計算機の移行、すなわち、「京」からポスト「京」へのスムーズな移行方法について、幅広い利用者からの意見も踏まえて、「フラッグシップ計算機停止期間における HPCI の資源提供の在り方とポスト「京」への移行に関する調査・検討」として実施し、報告書としてまとめた。これを元に関係機関及び国で協議を進め、移行期における計算資源の不足を補う具体策が実施された。

ポスト「京」による早期成果創出はポスト「京」プロジェクトに参画するすべてのメンバーが共有する目標である。このポスト「京」の共用開始により新たなフェーズに入る HPCI は、計算科学・計算機科学の研究基盤であるだけでなく、産業の発展や国民の安全・安心にもつながる重要な社会基盤であり、将来にわたって、その継続的発展と成果創出が望まれることから、平成 30 年度に、計算科学・計算機科学コミュニティから聴取した意見を基に、「ポスト「京」による成果創出と HPCI の継続的発展に向けて」と題して検討を行い報告書として取りまとめた。

更に、HPCI の運用が開始されてから 7 年間以上が経過し、その間に、人工知能(AI)に代表されるデータ科学の台頭など、高速計算技術(HPC)を取り巻く環境にも大きな変化が生じてきた。また、フラッグシップ計算機停止期間における、計算科学の持続的振興の在り方など、幾つかの課題も顕在化してきた。このため、次期フラッグシップ計算機「富岳」の運用開始に先立ち、HPCI の運営主体等からのヒアリング結果などに基づき、利用者コミュニティの意見も集約した上で、HPCI がこれまで以上に大きな成果を創出し、我が国の HPCI が長期にわたり持続的に発展を続ける方策を取りまとめた。

今後も我が国の計算科学・計算機科学が発展し続け、世界をリードし続けていくための検討を継続して実施する。

(1-2) 技術企画・調整（平成 28 年度までは理化学研究所、それ以降は高度情報科学技術研究機構

フラッグシップ計算機と大学の情報基盤センター等の計算機資源及び HPCI 共用ストレージ、高速ネットワークを用いて HPCI として共通運用するため、システム運用の全体にわたる技術面での統括的な業務、及び共通運用の対象となる HPCI システムの運用機関等との調整業務を以下の通り実施し、より利便性が高く、より安定的な HPCI システムの運営を実現・継続した。

a) HPCI システム運用環境維持・更新のための調整

HPCI システム構成機関等が参加する調整の場として、HPCI 連携サービス委員会と、その下でサービス運営の技術的な検討を行う HPCI 連携サービス運営・作業部会を運営した。今まで(令和 2 年 5 月 1 日時点)にそれぞれ、HPCI 連携サービス委員会を合計 13 回、HPCI 連携サービス運営・作業部会を合計 39 回開催し、HPCI システムの運用に際して生じる技術的不具合の原因究明・対応策や次期認証基盤システムの構築など、集中的に議論を進めた。また、多様な利用者ニーズに応える HPCI システムの運用環境維持・改善を継続実施した。HPCI 認証基盤や共用ストレージなど共通運用に必要な事項をはじめ、運用管理システムの整備やメンテナンス情報の共有など HPCI システム構成機関との綿密な調整を行った結果、HPCI システム全体に及ぶ大きな障害はこれまで発生していない。今後は更に利用者や構成機関からの率直な意見を収集し、運用やシステムに反映する必要がある。

また、令和 2 年初頭から新型コロナウイルス感染症が蔓延する予期せぬ事態に対して、従来からの対面対応が必要な利用手続きに関して、遠隔ベースで対処する恒久的対策を最終目標とした運用を、試行的に開始した。試行運用を開始するにあたり、利用者の認証や各種手続きに支障が出ないように、技術企画・調整を通して各種委員会・部会を高速ネットワーク(メール、TV 会合等)を活用して、集中審議を行い、暫定方針を確定するとともに、具体的な対処策を決定した。本決定に基づき、利用者が HPCI を利用する上で最初に必要な本人確認を代表機関が一括して遠隔で試行的に実施すると共に問題点を確認・改善しつつ、実施した。今後、HPCI 構成機関と共に遠隔環境での各種対策を検討して、恒久的な遠隔環境を構築する計画である。

b) セキュリティインシデントに対する対策及び対応体制構築

HPCI 連携サービス委員会及び HPCI 連携サービス運営・作業部会の中核メンバーを構成員とする HPCI セキュリティインシデント即応委員会を継続して運用し、インシデント情報の通報先としての機能と、情報に基づく安全性チェックなどの勧告機能を活用し、インシデントへの迅速な対応を実施した。また、HPCI システム構成機関として遵守すべきセキュリティ対応体制の技術的共通要件を更新して、強化を図った。これにより、HPCI システムに影響が及ぶと思われるセキュリティホールが発覚した場合の緊急的な対応措置、及びセキュリティインシデントの拡大を防止する仕組みができた。今後の

課題としては、構成機関との連携を密にしてセキュリティインシデントに繋がる恐れのある運用などへの対応について議論と検討を行い、更に強固な体制作りが必要である。

c) HPCI 共通運用参画に関する技術要件審査体制の確立

平成 28 年度以降において、新たに 2 件 (Oakforest-PACS;最先端共同 HPC 基盤施設、ABCI;産業技術総合研究所)の共通運用への参加希望があり、技術要件審査を実施した。審査を経て、最先端共同 HPC 基盤施設(JCAHPC)は平成 29 年度から、産業技術総合研究所は令和元年度から、それぞれ HPCI システムへ参画した。なお、idp サーバなど、新たにクラウドサービスを利用する取組を検討して、セキュリティを確保しつつシステムの合理化・効率化を図った。

d) 分担機関との総合調整

- 平成 29 年度には、代表機関と分担機関が密接かつ一体的に連携して HPCI の円滑な運営を統一的に実現するため、HPCI 連携推進協議会を設置した。平成 29 年度以降、HPCI 連携推進協議会を計 6 回開催して、分担機関ごとの業務計画及び成果を共有した。また、いくつかの分担機関に跨がる課題について議論し、利用者に影響が出ないよう必要な技術的対応を行い、円滑な HPCI の運営を図った。以下に主な成果を示す。
- ・現行認証基盤システムのサポート終了(平成 29 年度)に伴う次期認証基盤システムの開発やストレージミドルウェアの改修に向け、いくつかの関連機関を交えた検討を行った。
  - ・HPCI の更なる利用促進について、①HPCI を未利用の一般企業に対しても積極的に情報提供すべきであること、②情報提供を強化するため HPCI ポータルを、未利用者への情報提供を考慮したものにリニューアルすること、などを共有し実施した。なお、第二階層資源へオープンソースや国家戦略プログラムで開発されたアプリケーションを中心に整備する事の必要性を再確認した。
  - ・共用ストレージの利用の在り方について整理して、利活用の方針を確認した。
  - ・共用ストレージの機能整備に関して、高度かつ専門性の高い技術開発が要求されるとの認識の下、機能整備に係るソフトウェアの開発母体である筑波大学を新たに分担機関として追加する事を了承した。

(2)HPCI システムの運用

(2-1) 認証局の運用 (国立情報学研究所)

HPCI システムを構成する計算資源のシームレスな利用を実現するため、電子証明書を発行する認証局を運営し、ID 連携によるシングルサインオンの機能を提供する認証基盤システムの運用及び保守を行った。

電子証明書を発行する認証局は、認証基盤において最も高い安全性が要求される機能であるため、高性能分散計算環境における認証基盤について検討する国際的な組織である IGTF (Interoperable Global Trust Federation) が定める運用要件を平成 29 年度以降も引き続き満たすことにより、電子証明書の発行、失効、利用者対応等の認証局業務を世界水準の安全性を確保して行った。

a) 証明書の発行

平成 29 年度から令和元年度までの間に、クライアント証明書 884 枚、ホスト証明書 296 枚、サービス証明書 756 枚の多数の証明書を大きなトラブル等なく発行し(表(1)2-1-1)、HPCI 利用者が本電子証明書を用いて安定的に HPCI 上の計算資源にシングルサインオンすることを可能とした。

<クライアント証明書、ホスト証明書、サービス証明書>

クライアント証明書は利用者に対して発行し、利用者の本人性を担保するもの、ホスト証明書はホストの実在性を担保するもの、サービス証明書はホストの実在性に加え、そのホストで提供されるサービスを特定したもの。

表(1)2-1-1: 証明書発行枚数実績

年度	枚数(枚)		
	クライアント証明書	ホスト証明書	サービス証明書
H24	346	62	92
H25	433	93	106
H26	511	136	215
H27	380	99	107
H28	379	83	110
H29	444	92	249
H30	215	113	341
R1	225	91	166

b) 認証基盤運用システムの運用・保守

b-1) 運用機器の更新

認証基盤システムを構成するサブシステムのうち、可用性向上システム、公開試験環境、機能検証環境、ログ収集システムについては、令和元年 3 月末までに全てのサーバが法定耐用年数である 5 年を経過することから、継続的な運用性を確保するためにハードウェア及びソフトウェアを更新して、HPCI 認証基盤システムの再構築を行った。

b-2) 認証局ソフトウェア及びクライアントソフトウェアの機能強化

認証基盤システム上で稼働するソフトウェアについて以下の改修を行い、HPCI 利用者がより安全に、安定してかつ容易に HPCI 上の計算資源を利用することを可能とした。

- NAREGI-CA ソフトウェアは、認証局において電子証明書を発行するためのソフトウェアであり、認証局を構成するサーバ間において TLS(Transport Layer Security) 通信を利用することにより安全性の高い通信を担保している。平成 29 年度の改修では、仮に TLS v1.2 に深刻な脆弱性が発見されたとしても比較的短期間で対応を可能とするため、TLS v1.3 で必須となる新しい暗号アルゴリズム、具体的にはストリーム暗号 CHACHA20 及びワンタイム認証子 POLY1305、RSA 公開鍵暗号を用いた署名アルゴリズム RSASSA-PSS、メッセージ認証コード

HMAC に基づく鍵導出関数 HKDF をそれぞれ実装した。また平成 30 年度の改修では、仕様が確定した TLS v1.3 に NAREGI-CA が準拠することを目的とし、実装必須とされている各プロトコル、暗号スイート及びそれらの要素技術となる各種の暗号アルゴリズム、並びに TLS 拡張機能を実装した。

一方、認証局運用要件において、証明書に含まれる公開鍵の一意性の担保が求められており、新規発行の際に発行済みの証明書を検査することにより重複の存否を確認する必要がある。改修後の NAREGI-CA においては、仮に証明書の重複が認められた場合には、証明書発行の再申請を行う必要があったため、令和元年度は、発行済み証明書の情報から重複するものの存否を公開鍵のハッシュ値を用いて、発行局サーバにアクセスせずにチェックできる機能を追加した。

- 証明書発行システムソフトウェアのセキュリティ及び利便性を向上するための機能開発を実施した。

平成 29 年度から「京」の利用研究課題募集は年 2 回となり、4 月から年度末までの 1 年間である従来の課題実施期間(A 期)に加え、10 月から翌年の 9 月末までの課題実施期間(B 期)が追加された。これに伴い証明書発行システムでは従来の A 期に依存した実装を改修し、B 期課題に対応した有効期限をもつ証明書の発行を可能とした。また証明書の有効期限通知機能についても B 期課題に未対応であったため、発行された証明書のそれぞれ有効期限に応じて事前通知を行う機能を追加した。これにより利用者の管理負担を軽減し、効率的な HPCI 継続利用を可能とした。

平成 30 年度の改修では、証明書発行システムにおいてクライアント証明書を発行する際、申請支援システムから取得した利用者の英文氏名を利用して CN (Common Name)を設定するが、取得した英文氏名の内容を確認する機能は未実装であったため、電子証明書発行に関わる処理において英文氏名に「姓」と「名」の両方を含めない場合は処理を中断し、『HPCI 認証局運用規程』(CP/CPS: Certificate Policy and Certification Practice Statement)に沿わない証明書の発行を抑止する機能を追加した。また令和元年度は、証明書発行システムにおいて利用している Web アプリケーションフレームワークのアップデート等が提供されない状況であったため、これを後継の Web アプリケーションフレームワークが利用できるように改修した。

- HPCI 認証基盤ではシステム構成機関の提供するスーパーコンピュータ及び大規模共用ストレージへのアクセスに GSI(Grid Security Infrastructure)の認証・認可機構を利用しているが、これまで GSI に関わるソフトウェアサポート(保守)を行ってきた開発元であるシカゴ大学は平成 29 年末までに全ての保守を終了した。幸いにも GSI ソフトウェアはオープンソースソフトウェアとして開発されており、そのソースコード並びにバイナリパッケージとして提供する RPM (RPM Package Manager)形式を作成するためのソース SRPM (Source RPM)も入手可能な状態であった。この状況を踏まえて、少なくとも認証基盤システムを含む次期 HPCI 構成システムの更新までは HPCI の認証基盤の安定的な運用のために GSI ソフトウェアの保守を実施する必要があることから、GSI のソースコードに基づき脆弱性・障害対応、また必要に応じて仕様変更・機能拡張を行える保守管理体制を構築し、GSI ミドルウェア

並びにそれに依存する関連ソフトウェアのセキュリティを向上するための機能開発を実施するとともに、認証基盤システムのより長期的な観点からの安定運用に備えるため、GSI の代替技術に関する技術調査等を実施した。さらに保守における成果を Grid Community Forum に報告し、国際的な協力体制の構築を進めた。

- HPCI 上の計算資源にログインするためのクライアントソフトウェア(GSI-SSHTerm)については、平成 29 年度の改修において、実装における不具合修正及び制限緩和を実施した。キー入力イベントの実装強化及び日本語を含む取扱可能文字種拡充を行うことにより、HPCI において GSI-SSHTerm を利用する際の作業効率性を向上させた。平成 30 年度の改修では、ログインする際のホスト同定方法を現在の標準仕様に準拠するように修正、全システム構成機関の効率的な運用を可能とし、HPCI 利用者の利用環境のセキュリティを向上させた。
- GSI-SSHTerm を置き換えるクライアントソフトウェアとして、GSI ソフトウェアの保守の成果物である Globus Toolkit に内包される GSI-OpenSSH の実行環境を提供する Docker イメージ (Docker Container image for GSI-OpenSSH)を構築、このイメージを Docker 上で実行することで、Windows 10 及び macOS で GSI-OpenSSH クライアント (gsissh, gsiscp)が利用できるようにした。GSI ソフトウェアの保守の成果物を利用することでクライアントソフトウェアの管理を一本化でき、また最新の暗号技術をサポートすることが可能になり、HPCI 利用者の利用環境のセキュリティを向上させた。

なお、NAREGI-CA, Globus Toolkit, Docker Container image for GSI-OpenSSH 及び GSI-SSHTerm については、以上の成果を反映させたソフトウェアをオープンソースとして公開している。

#### b-3) 高性能分散計算基盤における国際的認証認可技術動向及び利用動向調査

令和元年度は、次世代認証基盤システム改修計画に基づき「スーパーコンピュータを含む計算資源へのシングルサインオンに関する国際的技術動向調査及び利用動向調査」を実施した。次期 HPCI 認証基盤システムの基本設計を実施する前段階として、分散計算基盤に適用可能な認証認可技術の網羅的な調査等並びに国際共同研究プロジェクトを支える分散計算基盤における認証認可システム及び将来計画の調査等を実施した。

#### b-4) 障害対応

平成 29 年度から令和元年度までの間に 9 件の障害(ネットワーク障害 1 件、サーバ障害 4 件、国立情報学研究所の誤設定による障害 4 件)が発生したため、これらの障害に対する迅速な原因調査、復旧を行った。なお、認証基盤システムに対する不正アクセスは発生していない。

### (2-2) HPCI 共用ストレージ等の運用・保守(東京大学、理化学研究所)

#### a) 東京大学、理化学研究所の取り組み

共用ストレージでは、利用者ニーズを踏まえて多くの機能開発を実施し、安定的かつ効率的なデータ共有やプリポスト処理の環境の提供を実現した。

平成 29 年度には、ストレージ装置など提供資源の老朽化や増加する要求資源量に対応するため、東京大学情報基盤センター、理化学研究所計算科学研究センターそれぞれ

れで新たにストレージ機器を調達、設置した。旧機材からデータを移行しながら新たな機材への更新、環境構築を行い、平成 29 年 10 月から 42PB(東京大学、理化学研究所間でデータを二重化)、メタデータサーバ 4 台(マスタ 1 台、スレーブ 3 台の冗長構成)の堅固なシステムを構築した。ネットワークに関しても、東京大学、理化学研究所とも、基幹スイッチ、メタデータサーバ、スプールサーバへの接続を二重化し、耐障害性を向上させている。特に東京大学では、HPCI 共用ストレージと SINET5 茨城データセンターと直接接続するよう改めている。システムの構築にあたっては、新機材によるシステム拡張、旧機材からのデータ移行、旧機材の切り離しを繰り返し実施することで、できるだけシステム停止を回避した。ストレージ装置の更新に伴い、既存ストレージ装置から新規導入ストレージ装置へのデータ移行も実施した。Gfarm のデータ複製機能を用いることによって、データの複製を東京大学、理化学研究所それぞれに一つ以上、合計 2 つ以上配置するようデータ移行を実施した。データ移行は、Gfarm 開発元の協力を得ながら可能な限りサービスを継続しながら実施し、平成 30 年 2 月 17 日に完了した。平成 29 年度には、ストレージ容量の大規模化に対応するため、ファイル検査の高速化及び理化学研究所設置ストレージの階層構造に対応するためのファイルキャッシュ支援機能に関する機能整備を実施した。利用容量及び利用ファイル数の増大によりデータサーバ起動時に数時間要していたが、ファイル検査を並列実行することで高速化を実現した。並列実行することによって、ファイル検査に要する時間を数分の一に短縮することが可能となり、スプールサーバの障害発生時の起動時間短縮に貢献している。

平成 30 年度はデータ移行完了にともない、新たに書き込まれたファイルについても東京大学、理化学研究所にそれぞれ一つ以上、合計 2 つ以上のデータファイルを自動配置するよう運用し、堅固なデータ保護を実現した。東京大学、理化学研究所によるデータの二重化完了後は、東京大学又は理化学研究所の機材が停止している時は、片方の拠点の機材のみを用いて、読み出し専用運用を行なったが、平成 30 年 10 月 10 日以降は、片方の拠点の機材のみの運用時であっても、読み出し書き込みサービスを提供することが可能となった。データの二重化運用に対応するため、平成 30 年度において、ファイルグループ機能の高度化及びスプールサーバ毎の読み出し専用運用を実施するための機能整備を実施した。

令和元年度は、更なる安定運用を目指し、年度当初に、年間稼働率 99.7%以上、最も重い障害であるレベル3障害が年間を通じてゼロ件などの運用目標を策定した。平成 30 年度から引き続き令和元年度も東京大学、理化学研究所、それぞれデータを一つ以上保持する運用を継続して実施した。10 月には、理化学研究所において大規模な設備改修工事を行ったため、理化学研究所の設置機器を停止したが、HPCI 共用ストレージは東京大学設置機器の単独運用により継続してサービスを提供した。結果的に、年間稼働率 100%、レベル3障害件数ゼロを達成した。令和元年度においてはファイルアクセスの高速化のために Infiniband 対応、メタデータサーバのフェイルオーバー機能の高度化、セキュリティ強化のためにファイルシステム暗号化対応の機能整備を実施した。

令和2年度においても 4 月 30 日まで読み出し書き込みサービスの連続稼働を継続し、連続稼働日数 568 日を達成している。令和 2 年度は新型コロナウイルス感染症拡大の影響

響により、東京大学、理化学研究所ともに原則在宅勤務をしながらの運用となるが、引き続き連続稼働は維持するよう務める所存である。

令和2年度から令和3年度にかけては、安定運用に加え HPCI システムの新たな認証方式に備えるための機能整備や、今後の需要が期待される計算科学分野を見据えた機能拡充を実施する予定である。

#### b) 東京大学の取り組み

理化学研究所計算科学研究センター等と連携し、「HPCI 共用ストレージ」を構成する東京大学情報基盤センター設置機材の運用、保守を実施した。

共用ストレージは、東拠点である東京大学柏キャンパスには 2 台の本番環境用メタデータサーバ(うち 1 台はマスタサーバ)と 7 セットの本番環境用ストレージ機材(1 台のコントローラーと 10 台のストレージエンクロージャーで 1 セットを構成)、HPCI ストレージ利用者向けの本番環境用ポータル機材として、汎用ログインノード 4 台とプリポスト処理対応が可能なログインノード 5 台及び 3.8PB の専用ストレージとがそれぞれ高速ネットワークで接続され、SINET を経由して HPCI 参加機関に接続されている。平成 30 年 3 月に東拠点に設置された共用ストレージメタデータサーバのメモリ容量は 512GB を有し運用を行っていたが、令和 2 年 3 月に性能向上を目的として SSD の導入を行った。また、共用ストレージ用データサーバのストレージ容量は平成 29 年 6 月に約 18PB の容量でスタートし、平成 30 年 12 月に利用ニーズへ対応する為に約 45PB の容量を実現している。

その他に、評価環境及び保守用機材として、2 台の評価環境用メタデータサーバ 1 セットの評価環境用ストレージ(令和 2 年 3 月に 5.5PB の容量を実現)と保守運用に必要な仮想環境機材が同様に高速ネットワークで接続されている。

HPCI 共用ストレージの東拠点設置機材における利用状況は、令和元年度末時点で、マスタメタデータサーバのメモリ使用量 61.2GB、保存されているデータ総量約 20.1PB(複製有)である。

#### c) 理化学研究所の取り組み

平成 29 年度は、機能整備されたファイルキャッシュ支援機能により HPCI 共用ストレージに高速なストレージ装置を導入し、一次ストレージとして活用した。理化学研究所では実際に本機能を用いて、テスト環境で HPCI 共用ストレージの階層化運用を検証し、平成 30 年度から本格的に活用した。またログインサーバにプリポスト環境を構築した。東京大学に倣い夜間休日の監視、保守体制の強化を実施した。機材更新にともない旧テープアーカイブ機器を撤去した。

平成 30 年度においては、ログイン環境に構築したプリポスト環境の強化と本格運用を開始した。具体的には、遠隔可視化機能及びコンテナ環境、バッチスケジューラ環境を整備するとともに、GPGPU を活用するため nVIDIA 社が配布しているコンテナ環境も利用できるように整備した。理化学研究所の組織改革に伴うネットワークドメイン名の変更に対応するためメンテナンス時にホスト名やルーティング、ネームサーバの変更などを実施した。エンジニアリング環境を強化するためエンジニアリング環境専用のメタデータサーバを導入した。データ移行完了にともない旧ストレージ機材の撤去も実施した。

令和元年度においては、「富岳」導入のために設備改修工事の影響で、機材を令和元年 10 月から1ヶ月間停止した。ただし、理化学研究所において HPCI の認証を担う Idp サーバは、HPCI システムにとって特に重要であるため、設備改修工事に備えて事前に電源保護エリアに移設し、他の機器が停止した 10 月もサービスを継続した。Infiniband ネットワークがサポートされるよう機能整備されたため、Infiniband を備えたテスト環境向けスプールサーバを導入した。

(2-3) 課題選定及び共通窓口に関する基盤システムの機能拡充(高度情報科学技術研究機構)

HPCI 基盤システムとして課題の申請受付・選定・管理を目的とした HPCI 申請支援システム、HPCI 課題の申請時及び実施時における利用者からの各種問い合わせに対応することを目的としたヘルプデスクシステム、HPCI 運用事務局及び HPCI システム構成機関からの広報と採択課題参加者間の情報共有を目的とした HPCI 情報共有コンテンツマネジメントシステム(CMS)の機能拡張を行い、利用者の利便性を向上させた。また、各システムにおける管理者機能の拡充や関連するアドオンの追加導入を行うことで、運用事務局業務の業務効率の向上を図ることができた。

a) ヘルプデスクシステム、HPCI 情報共有コンテンツマネジメントシステムの機能拡充

拡充した機能を含む利用者向けインターフェース及びマニュアル等は、HPCI 運用事務局の Web サーバから以下の URL で公開され、利用に供されている。

・HPCI ヘルプデスク(HPCI 課題参画者用):

<https://www.hpci-office.jp/frontweb/ja/>

・HPCI ヘルプデスク(HPCI 運用事務局及び HPCI システム構成機関担当者用):

<https://www.hpci-office.jp/helpdesk/>

・HPCI 情報共有コンテンツマネジメントシステム(CMS):

<https://www.hpci-office.jp/info/>

これら二つのシステムに関する開発会議を平成 29 年度から令和元年度までの間で 33 回開催し、利用者からの要望の分析を行い、その結果に基づき機能拡充を推進した。具体的な内容は以下のとおり。

<両システム共通>

- ・脆弱性対策及び基本機能の拡張を目的とした両システムミドルウェアのバージョンアップ
- ・両システムへの GDPR 対応化
- ・Java プラットフォームを有償の Oracle Java から無償の OpenJDK へ移行するためのシステム調整等

<ヘルプデスクシステム>

- ・ HPCI ヘルプデスクシステム(課題参画者用)のフレームワーク更新
- ・ 申請支援システムからの情報に基づく HPCI ヘルプデスクシステムのアカウント情報の同期設定

<HPCI 情報共有コンテンツマネジメントシステム>

- ・ HPCI 情報共有コンテンツマネジメントシステム(CMS)のアドオン改良

- ・ データベース異常時に HPCI 情報共有コンテンツマネジメントシステム(CMS)のミドルウェアのサービスを自動停止するためのシステム改修
- ・ HPCI 情報共有コンテンツマネジメントシステム(CMS)へのカレンダーアドオン追加による利用者向けカレンダー機能の追加

#### b)HPCI 申請支援システム等の機能拡充及びセキュリティ対策

HPCI 課題の申請受け付けを目的とした HPCI 申請支援システム、HPCI 資源管理・検索システム及び利用者による資源利用実績の集計を目的とした HPCI アカウント集計ツールの機能拡張を行った。拡充した機能を含む利用者向けインタフェース及びマニュアル等は、HPCI 運用事務局の Web サーバから以下の URL で公開され、利用に供されている。

- ・HPCI 申請支援システム(利用者メニュートップ):  
<https://www.hpci-office.jp/entry/>
- ・HPCI 申請支援システム(事務局メニュー):  
<https://www.hpci-office.jp/entry/secadm/top/>
- ・HPCI 申請支援システム(課題審査委員会メニュー):  
<https://www.hpci-office.jp/entry/examadm/top/>
- ・HPCI 申請支援システム(プライマリセンターメニュー):  
<https://www.hpci-office.jp/entry/primadm/top/>
- ・HPCI 申請支援システム(システム構成機関メニュー):  
<https://www.hpci-office.jp/entry/resoadm/top/>
- ・HPCI 申請支援システム(最寄りセンターメニュー):  
<https://www.hpci-office.jp/entry/checkadm/top/>
- ・HPCI 情報共有コンテンツマネジメントシステム(CMS):  
<https://www.hpci-office.jp/info/>

HPCI 資源管理・検索システム 及び HPCI アカウント集計ツールの利用実績グラフを表示するためのインタフェースは 情報共有 CMS のプラグインとして実装している。

HPCI 申請支援システム開発会議を、H29 年度から R 元年度まで計 32 回開催し、HPCI 運用事務局及び各システム構成機関からの要望の分析を行い、その結果に基づき機能拡充を推進した。機能拡充の主な内容としては、以下の通り。

- ・ H29 年度
  - HPCI 運用事務局による課題情報修正代行機能の追加
  - 最寄りセンター向け機能の拡充として、課題参加者管理機能の拡充  
(対面認証時のメールアドレス確認機能の追加)
  - 課題申請時の運用事務局によるチェック機能の強化  
(事務局による申請書のチェック漏れや二重チェックを防ぐため、代表者が追加修正した時刻を付加する機能を追加)
  - HPCI-ID 新規登録時に混乱を防ぐための入力項目の改善
- ・ H30 年度
  - 本人確認書類が破棄可能になったことを示す通知機能の追加
  - 個人情報保護機能の強化

- (同一課題参加者が参照できる個人情報を制限)
- (同意確認のエビデンスを得るためのチェックボックスを追加)

- ・ H31(R 元)年度

- 課題申請時に HPCI 計算資源の第 2、第 3 希望を Web 入力できる機能の追加
- 採択通知への対面認証お知らせメッセージ挿入機能の追加
- 課題申請時の誤操作防止機能の強化  
(「戻る」ボタンの無効化)

また、HPCI 申請支援システムの開発フレームワークである「Zend Framework v1」のサポート終了による脆弱性対策として、H29 年度から 3 か年計画で「Zend Framework v3」への更新とそれに伴う改修を実施した。

H29 年度は改修箇所の事前調査と全体の作業計画の策定を行い、H30 年度から H31(R 元)年度にかけて、影響を受ける可能性の高い機能ブロックから順次改修を実施し、開発部門の習熟度向上により当初予定コストからの削減を実現できた。

以上、課題選定及び共通窓口に関する基盤システムは、主に HPCI 連携サービス運営・作業部会での検討や HPCI 運用事務局や HPCI システム構成機関の意見を基に機能整備を行ってきた。今後も更に多数の利用者からの声を収集し、よりユーザビリティが高く、またロバストかつセキュリティの高いシステムを目指す必要がある。

### (3)HPCI の利用促進

#### (3-1)課題選定及び共通窓口の運用 (高度情報科学技術研究機構)

「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」第 4 条の規定により文部科学大臣が定める「特定高速電子計算機施設の共用の促進に関する基本的な方針」に基づき、利用者側視点に立った HPCI コンソーシアムの主導による HPCI 構築の趣旨に適合するよう運用に努めた。その結果、透明・公正な課題選定を実現するとともに、ワンストップ・サービスを可能とする共通窓口でのきめ細やかな対応を通じた利用者の利便性向上に大きく貢献した。

##### a)課題公募や申請受付について

- ・ HPCI で共通運用される計算資源の利用について、「京」の利用者選定の仕組みを活用することで効率的に、一括した課題選定を実施している。これまでの定期募集による選定結果は以下の通り。
- ・ 「京」については、利用者の意見を踏まえ、平成 29 年度から年 2 回募集を開始した。
- ・ 平成 31 年度課題募集においては、「京」が年度内に共用を終了して「富岳」への移行準備に入るため、「京」を利用する課題は半年課題として募集した。また「京」以外の HPCI 計算資源においては、共用を終了した「京」を補填する資源を確保し、併せて、要求する資源の選択肢を拡大するため、第 2 希望に加え、第 3 希望の申請を可能として、募集に供した。また同時に、「京」の課題種類の一つとして募

集してきた「若手人材育成課題」を、新たに「京」以外の HPCI 計算資源においても応募可能とした。

- 平成 31 年 3 月から、HPCI 共用ストレージ(共有型)の利用を随時募集とした。
- 交通や人流など計算科学を社会科学分野へ適用した課題が採択されていたが、このような新しい研究動向を課題申請に反映するため、平成 30 年度の申請より、新たに「社会システム科学」を研究分野に追加し、この分野への課題申請の促進を図った。なお、利用研究課題の申請時には、この社会システム科学の他、バイオ・ライフ、物質・材料・化学、環境・防災・減災、工学・ものづくり、エネルギー、物理・素粒子・宇宙、数理科学、情報・計算機科学、その他の 10 分野から選んで申請することになっている。これまで、概ね全分野に渡って課題が申請されてきた。
- 平成 24 年度以降の「京」、「京」以外の HPCI への応募課題数、採択課題数を表(1)3-1-1 に示す。

表(1)3-1-1:「京」、「京」以外の HPCI への応募課題数、採択課題数

募集単位	応募課題数						採択課題数					
				うち産業利用課題						うち産業利用課題		
	京	京以外	計	京	京以外	計	京 (*3)	京以外 (*4)	計	京	京以外	計
H24年度(*1)	223	31	254	27	3	30	59[7]	45(22)	104	22	2	24
H25年度追加	73	8	81	25	0	25	24[0]	11(4)	35	13	0	13
H26年度	144	58	202	42	2	44	69[7]	81(31)	150	35	4	39
H27年度	138	63	201	37	3	40	67[6]	68(19)	135	31	4	35
H28年度	104	91	195	30	11	41	72[7]	62(6)	134	28	11	39
H29年度A期(*2)	92	117	209	29	14	43	45[6]	63(1)	108	17	6	23
H29年度B期	54	-	54	12	-	12	18[-]	-	18	3	-	3
H30年度A期	71	94	165	25	4	29	35[6]	60(3)	95	12	3	15
H30年度B期	50	1	51	9	-	9	16	1	17	3	-	3
H31年度	34	108	142	10	10	20	23	84(1)	107	7	7	14
R2年度	-	118	118	-	12	12	-	92	92	-	9	9

\*1:平成 24 年度募集は平成 24 年度下期、平成 25 年度上期/下期の 1.5 か年。

\*2:H29-A 期は、通年課題の他に H29 上期に実施する半年課題を募集し、22 課題が選定された。

\*3:「京」の採択数計の[m]は、「京」と同時に HPCI 共用計算資源の利用に採択された課題数(内数)を示す。

\*4:HPCI の採択数の(n)は、「京」に応募(応募数は「京」にカウント)し、第 2 希望として「京」以外の HPCI 共用計算資源の利用に採択された課題数(内数)を示す。

- HPCI 運営事業の一環として実施される JHPCN 公募型共同研究課題募集については、課題審査委員会の下に設置した学際共同研究 WG により、JHPCN 拠点事業と連携して課題審査を行っている(表(1)3-1-2)。

表(1)3-1-2: JHPCN 公募型共同研究課題への応募課題数、採択課題数

募集単位	募集開始	結果通知	応募課題数	採択課題数
平成 25 年度	H24/11/7	H25/3/11	51	31
平成 26 年度	H25/11/7	H26/3/13	53	22
平成 27 年度	H26/11/7	H27/3/13	50	27
平成 28 年度	H27/11/12	H28/3/11	47	22
平成 29 年度	H28/11/15	H29/3/15	52	25
平成 30 年度	H29/11/15	H30/3/14	70	30
令和元年度	H30/11/15	H31/3/14	65	36
令和 2 年度	R1/11/15	R2/3/12	64	52

- 「京」の資源量及び課題数について
  - 「京」の提供可能資源量は、ノード数×365日×24時間×95%（※）とされており、さらにジョブ充填率を考慮した配分率を乗じて定められている。このジョブ充填率を考慮した配分率は、平成 27 年度以降、ジョブスケジューラ等の機能改善により、85%から 88%に改善し、「京」の共用終了まで継続された。  
※: 計画停止分、保守時間等を控除した稼働率。
  - 平成 29 年度からの年 2 回募集では、4 月開始とする A 期課題に提供可能資源量の 7 割程度、10 月開始の B 期課題には 3 割程度の配分とした。
  - 一般利用・若手人材育成課題の採択率については、提供可能資源量が拡大した平成 26 年度には 59%に上昇したが、平成 29 年度以降年 2 回の募集となり、A 期では 40-50%程度、B 期は 30%程度となった。提供可能資源量が少ない B 期はやや厳しい競争となっている。
  - 産業利用課題については応募数・採択数ともに順調に増加した。また、課題あたりの要求資源量も毎年増加し、平成 30 年度 A 期は平成 24 年度に比べ、採択課題あたりの平均提供資源量は 3 倍強(平成 24 年度は 1 年あたりの提供資源量に換算)となった。より大規模な資源量を要求する課題が増加したことは HPC に対する産業界の知識や経験が蓄積されたことを示している。一方、限られた資源の下で、採択可能な課題数が減少する点は今後の課題である。
  - 一般利用・若手人材育成課題への申請件数は、年間 100 件程度で推移している。年 2 回募集により応募機会が増え、申請数の拡大につながることが期待されたが、大きな増加には至らなかった。新たな利用者の開拓など、裾野拡大への新たな取組みが必要である。
  - 産業利用課題については応募数・採択数ともに順調に増加し、産業界の HPC に対する知識や経験が蓄積されてきたと考えられたため、平成 29 年度 B 期以降は産業利用枠を撤廃して、課題募集を行った。その結果、「京」の採択率としては以前より低下傾向が見られるが、資源配分量の総量としては、枠を設けて選定した時と比べて大きな差異は見られなかった。

表(1)3-1-3: 定期募集の提供資源量、申請課題数及び採択課題数、課題あたりの平均要求資源量

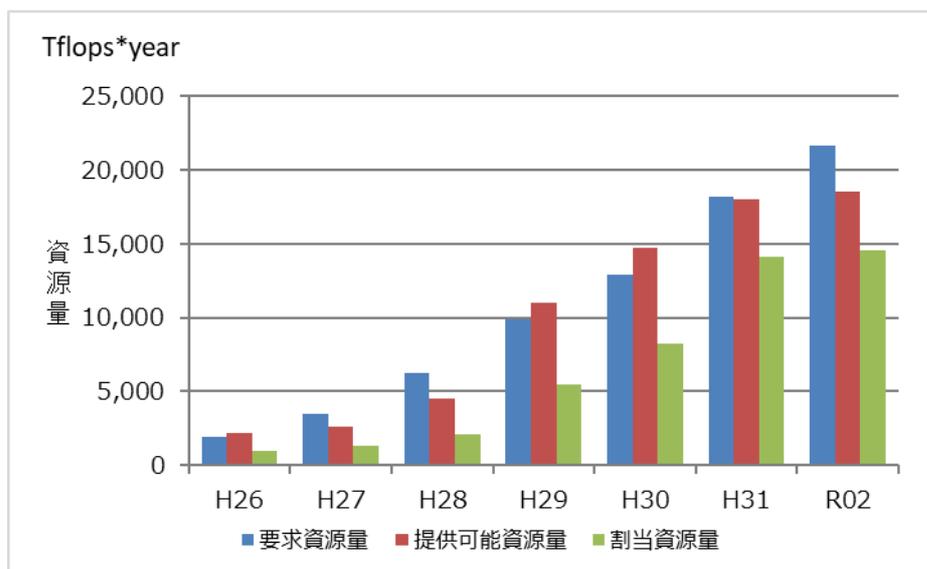
募集単位	提供資源量(ノード時間)		課題あたりの平均要求資源量(ノード時間)			
	京	京以外	課題あたりの平均要求資源量(ノード時間)		うち産業利用課題	
			京	京以外	京	京以外
H24年度 ※1	362,055,537	22,462,961	8,739,652	627,377	5,147,522	9,029
H26年度	205,352,340	34,174,372	3,521,870	950,334	3,010,876	783,667
H27年度	213,182,536	36,464,467	3,603,160	1,313,037	3,016,847	1,812,797
H28年度	273,342,947	53,104,316	3,930,845	826,750	3,496,156	480,455
H29年度(A期; 通年)	191,340,063	77,023,111	3,971,584	607,515	3,574,378	561,108
H29年度(A期; 半年) ※2	41,113,775	-	2,900,000	-	-	-
H29年度B期	82,002,884	-	4,174,325	-	3,840,593	-
H30年度A期	191,340,063	58,499,705	4,739,734	673,861	4,151,900	610,411
H30年度B期	71,892,940	-	4,175,457	-	2,587,131	-
H31年度	72,342,270	60,311,013	3,465,436	729,164	2,781,011	533,740
R2年度	-	44,823,883	-	688,724	-	548,263
計	1,703,965,356	386,863,828				

※1 H24年度の値は、H24年度下期・H25年度上期/下期の1.5カ年に跨る利用

※2 H29年度(A期)の半年課題は通年課題で不採択となった課題から22課題を採択

- 「京」以外の HPCI における要求資源量、提供可能な総資源量、割当資源量の推移を図(1)3-1-1 に示す。これは各システム構成機関から各年度の募集に提供可能とされた資源量を積算したものであるが、提供可能資源量を演算性能として捉える場合、ノード時間における計算機の演算能力は計算機それぞれで異なるため、ノード時間では推移を正確には読み取れない。このため、計算機のノード演算能力(ピーク性能値)を乗じて flops\*year に換算している。

図(1)3-1-1; 要求資源量、提供可能な総資源量、割当資源量の推移



\* H24-25年度のデータはない

- この図を見ると、提供可能資源量、要求資源量、割り当て資源量ともに順調に伸びている。これは、HPCI 構成機関の努力により、計算性能の高い計算機への更新が進んだことに合わせて提供資源量が順調に増加したことによる。なお、平成 31 年度、令和 2 年度募集においては、前述の通り「京」の共用終了に伴う補填資源として HPCI 資源を提供可能としたため、割り当て資源量が拡大した。
- 一般利用課題の採択率は、平成 24 年度からの通算で 68%程度となり、「京」の採択率の約 1.8 倍となった。これは、「京」の採択が厳しい中、まず HPCI を活用して計算規模の大規模化を図ること、また、「京」を補完する第二階層資源という HPCI への理解が浸透した結果と考えられ、HPCI の制度設計の目的に合った利用となっている。
- 「京」を含む HPCI の課題選定における各年度の申請者数、利用者数の推移を表(1)3-1-4 に示す。

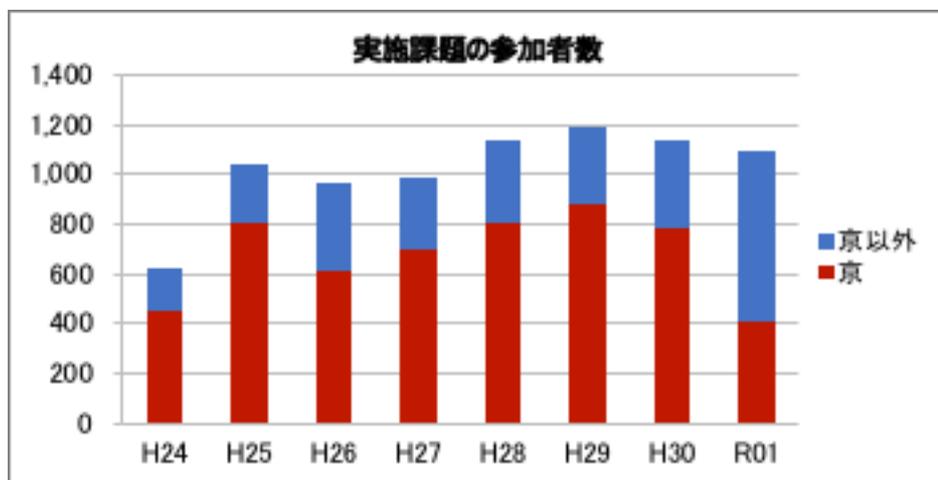
表(1)3-1-4:「京」を含む HPCI の申請者数、利用者数の推移

募集単位	申請者数(人)		利用者数(人) [採択時]			
	京+京以外	うち産業界	京+京以外		うち産業界	
H24年度 ※1	1,073	208	643	60%	152	73%
H25年度追加 ※2	361	147	170	47%	83	56%
H26年度	1,002	286	795	79%	259	91%
H27年度	960	271	732	76%	245	90%
H28年度	992	310	794	80%	298	96%
H29年度(A期;通年)	1088	318	704	65%	242	76%
H29年度(A期;半年) ※3	9	0	108	-	33	-
H29年度B期	232	48	82	35%	8	17%
H30年度A期	1015	264	734	72%	205	78%
H30年度B期	194	34	78	40%	10	29%
H31年度	938	246	776	83%	171	70%
R02年度	701	109	592	84%	83	76%
計	8,565	2,241	6,208	72%	1,789	80%

- \*1: H24 年度の値は、H24 年度下期・H25 年度上期/下期の 1.5 カ年に跨る利用。
- \*2: H25 年度の値は、H25 年度下期(0.5 カ年)の追加募集による利用。
- \*3: H29 年度(A 期)の半年課題は通年課題で不採択となった課題から 22 課題を採択、このため申請者数より利用者数が多い。
- \* : 「京」は HPCI 戦略プログラム利用枠、重点化促進枠を除く。
- \* : 表中の%は、利用者数／申請者数の割合を示す。

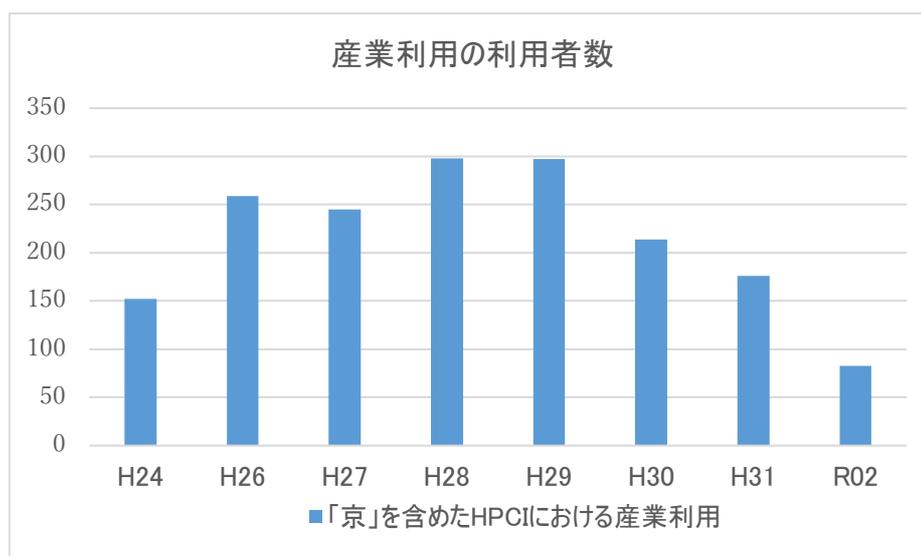
- 平成 24 年度からの定期募集及び随時募集の申請時また採択時の申請者数、利用者数は総計でそれぞれ約 9,500 名、約 7,000 名に及んでいる。さらに、課題実施期間中の参加者追加などを考慮した年度別の課題参加者数は以下の図(1)3-1-2 に示すとおりである。

図(1)3-1-2:実施課題の参加者数の推移



- また、産業利用における利用者の推移を下記の図(1)3-1-3 に示す。平成 29 年度までは順調に増加していたが、平成 30 年度からは減少している。平成 30 年度、平成 31 年度において、「京」における平均産業利用割当資源量が急激に増大したことに伴い、採択件数が減少したものである。また、産業利用の大部分は「京」を利用して行われてきたが、令和元年 8 月で「京」の共用が終了ことにより、令和 2 年度まで徐々に利用者数が減少したものである。

図(1)3-1-3:採択された産業利用課題の利用者数



\* :H29 年度以降の B 期の利用においては、利用者の 1/2 を当該年度に、1/2 を翌年度の利用として集計。

#### a-1) 利用課題選定のための委員会の設置・運営について

選定委員会及び課題審査委員会の委員の選任や課題審査の方法及び基準等については、HPCI コンソーシアムの枠組みの下での構成機関の合意形成により決定された意見(HPCIとその構築を主導するコンソーシアムの具体化に向けて「最終報告」)に基づき定め、実施した。

- 利用課題選定については、幅広い観点から課題選定に関して意見ができる学識経験者で構成される選定委員会が、選定の方針等利用者選定に係る事項について意見を述べるとともに、計算科学・計算機科学の専門的知見を有する者で構成される課題審査委員会は、利用課題の審査・選定を行い、透明・公正な課題選定を実施している。
- 選定委員会、課題審査委員会ともに、平成 28 年度から原則として 2 期 4 年の委嘱とし、2 年毎に半数を改選することにより、新たな感覚・視点を導入するとともに、連続性の確保に配慮して運営してきた。
- 一般課題及び若手人材育成課題については、専門分野の学識経験者が課題の評価(ピア・レビュー)を行い、その結果を課題審査委員会で審査している。
- 産業利用課題の審査については、課題審査委員会の下に設置された産業利用ワーキンググループ(産業利用 WG)が課題の評価(レビュー)を平成 29 年度 A 期課題まで実施した。平成 29 年 B 期募集からは、産業界の HPC に対する知識や経験が蓄積されてきたことを考慮し、全体の応募状況(課題数、要求資源量等)を反映した採択とすべく、「京」産業利用枠を撤廃した。平成 29 年 8 月に産業利用 WG も廃止し、以降は産業利用課題の評価は一般課題及び若手人材育成課題の選定と同様の手順で進めている。
- 産業利用課題の内、成果非公開有償の「個別利用課題」については、企業情報の秘匿性に配慮し審査を実施している。「京」では課題審査委員長単独で、「京」を除く HPCI では各システム構成機関が定めた特定の委員が審査を行っている。また、トライアル・ユース課題については、「京」では課題審査委員長が指名する課題審査委員が、「京」を除く HPCI では各システム構成機関が定めた委員が審査を行っている。
- 選定委員会、課題審査委員会、産業利用 WG の開催状況は以下のとおりである。

表(1)3-1-5:選定委員会、課題審査委員、産業利用 WG の開催回数

会議名称	開催回数
選定委員会	17
課題審査委員会	18
産業利用 WG	7

#### a-2) 広報等の事務について

- HPCI の情報提供を広く行うために、「京」の共用の促進に関する事業と連携してポータルサイトを用いて HPCI システムの利用研究課題募集に係わる情報、課題選定後の手続き、研究成果に関する手続き、利用支援や講習会等についての情報を広く一元的に提供している。ポータルサイトへのアクセス数(平成 29 年 4 月から令

和 2 年 3 月まで)は、毎月平均 5,600 件以上と非常に多数のアクセスがあり、広範な情報提供を実現している。

- また、平成 24 年度以来計 11 回の HPCI 利用研究課題募集に際し、HPCI の利用についての情報を多くの研究者等に対して適時に、かつ、的確に提供するために、計 47 回の募集説明会(於:東京、大阪、神戸他)を開催し、積極的な情報発信を行った。このうち、平成 29 年度課題募集からは、さらなる利用者拡大を図るため、HPCI システムを構成する機関の協力のもと、共同で 4 回の募集説明会を実施した。

## b) 共通窓口の運用について

### b-1) ヘルプデスクの運営について

- 利用者の便宜を図り、計算資源の利用を促進するために、全ての HPCI システム計算資源の一括した支援の窓口としてヘルプデスクを運営し、平成 24 年度以降、利用支援に関わる計約 13,100 件にも上る多数の利用者へのワンストップ・サービスを継続・実施した(表(1)3-1-6)。

表(1)3-1-6: ヘルプデスクの対応件数

利用支援の種別	件数	備考
共通窓口受付による利用相談件数	約 13,100	各種手続きに関する相談を含む
内、技術支援 (利用方法、プログラム相談)件数	約 6,200	共通窓口受付分

- HPCI の利用支援については、ヘルプデスクを通して上記の様な多数の利用相談に対応するとともに、技術支援を行ってきた。技術支援の中で計算科学、ソフトウェア及び計算機科学に関する高度な知識や技術を要するものに対しては、利用者からの支援依頼に基づき、プログラムの移植、調整・高速化の支援等について、専門家が高度な技術支援(高度化支援)を行ってきた。継続的な高度化支援の実施のため、システム構成機関との連携とともに、支援体制の維持・強化を図ってきた。平成 29 年度以降令和元年 5 月までに合計 80 件の高度化支援を実施した。高度化支援の詳細については後述する。

### b-2) 利用可能な計算資源等に関する一括した情報提供について

- 各 HPCI システム構成機関が提供するソフトウェアやシステムの運用状況等、分散して管理・提供されている情報を HPCI ポータル上で一元的に表示するとともに、ユーザ管理支援システム等を用いて、ヘルプデスクへの問合せ履歴や自課題の資源利用履歴等を自由に閲覧可能とするなど、一括した情報提供を継続・実施するとともに、利用者目線に立って各種の改善を行ってきた。
- HPCI システム構成機関が提供している計算資源上で利用可能なアプリケーションについては、計算資源と一体的にデータ化し、HPCI ポータルからアプリケーション情報を提供している。情報提供の履歴は以下の通り。

表(1)3-1-7:HPCI ポータルで提供しているソフトウェアの情報

年度	利用可能ソフトウェアの総数	うちアプリケーション数
平成 24 年度	52	16
平成 25 年度	58	17
平成 26 年度	63	17
平成 27 年度	95	22
平成 28 年度	186	50
平成 29 年度	184	49
平成 30 年度	231	70
令和元年度	219	68

- 上記の情報発信とは別に利用者が自発的に利用したいソフトウェアを検索できるページを開発、提供し、利用者の利便性向上に努めた。このページは多数の計算資源から横断的に利用可能なソフトウェアを検索できる点が優れている。令和元年度には、さらに利便性向上のためソフト名や分類による検索機能を強化するとともに、利用報告書や高度情報科学技術研究機構がプリインストールしたアプリケーション情報や各システム構成機関のソフト関連ページなどへのリンクを追加した。
- HPCI ポータルサイトに計算資源等に関する多くの有用情報が蓄積されてきたことを踏まえ、利用研究課題へ申請を検討している潜在的な利用者に対しより効果的な情報発信をすることを目的として、平成 29 年度に HPC ポータルサイトのリニューアルを実施した。利用者がポータルサイトを訪問した際の思考・行動のプロセスを意識したポータルサイト構造の見直しや、ポータルサイト訪問の目的別に整理されたショートカットのトップページへの設置等により、計算資源情報とその他の有用情報との有機的連携度を向上させた。

c) HPCI システム構成機関との調整について

c-1) HPCI システム構成機関に対する利用負担金の支払い事務など、計算資源利用に必要な事務について

HPCI 計算資源及び JHPCN 計算資源の利用に伴う利用負担金の支払いについては、HPCI システム構成機関との密接な連携の下、各機関からの請求に基づき、選定した課題の実績を確認し、利用負担金の支払い事務を滞りなく実施している。利用負担金支払い実績は以下の通りである。令和元年度からは、従来からの HPCI 一般利用枠課題向け資源に加え、「京」の共用終了に伴う補填資源として HPCI 第二階層資源の提供可能資源量(利用負担金)が追加された。

表(1)3-1-8:利用負担金支払い実績

年度	利用負担金支払額(千円)	
	HPCI	JHPCN
平成 24 年度	116,809	-
平成 25 年度	219,384	26,449
平成 26 年度	264,791	28,175

平成 27 年度	242,607	25,086
平成 28 年度	253,858	28,907
平成 29 年度	282,515	26,125
平成 30 年度	303,488	29,220
令和元年度	687,763	37,346

#### c-2) 利用促進に必要な調整について

- HPCI システム構成機関が定期的に登録した各利用研究課題の資源利用実績を基に、四半期ごとの利用実績を課題代表者へ通知した。利用率の低い課題の代表者に対しては、今後の利用計画の確認、利用支援の必要性を確認する等、利用を促した。また、HPCI システム構成機関とも低利用課題の情報を共有するとともに、低利用の原因がジョブ投入が効率的にできない等のシステム運用に係る場合については、HPCI システム構成機関と連携して問題を解決した。
- HPCI 連携サービス委員会、HPCI 連携サービス運営・作業部会を通じ、HPCI システム構成機関と連携して、計算資源や共通運用システムの不具合の特定と復帰までのトラッキング、マニュアルの改訂や基盤ソフトウェアの改良等に参画した。
- また、HPCI セキュリティインシデント即応委員会に参加し、HPCI システム構成機関と連携して不正侵入等への緊急対策を実施した。

#### d) ユーザ管理支援システムの運用・保守

##### d-1) HPCI 共通運用システムとして整備された課題選定に係る基盤システムの運用・保守について

- HPCI 共通運用システムとして整備されたユーザ管理支援システムの1つである申請支援システムについては、定期的(月 1 回以上)な開発会議を開催して、HPCI システム構成機関や利用者の声を取り入れながら保守計画(機能拡充を含む)を立案し、合意した計画に沿って、基盤システムの運用・保守を適切に継続・実施した。
- 申請支援システムは月平均 4,500 を超えるアクセスを受け付け・処理しており、HPCI の運営の中核システムとして有効に利用されている。
- 本システムを用いて申請された「京」及び HPCI の課題数約 2,250 件(戦略プログラム利用枠、ポスト「京」重点課題、萌芽的課題を含む;2020 年 3 月 31 日現在)を管理し、課題選定のための情報を提供するとともに、選定された課題の延べ約 13,600 名(重複を除くと約 3,300 名)に上る課題参加者(戦略プログラム利用枠、ポスト「京」重点課題、萌芽的課題を含む;2020 年 3 月 31 日現在)を管理することにより、円滑な HPCI の運営に貢献している。

##### d-2) HPCI 共通運用システムとして整備された共通窓口に関する基盤システムの運用・保守について

- HPCI 共通運用システムとして整備されたユーザ管理支援システムを構成するヘルプデスク及び情報共有コンテンツマネジメントシステム(CMS)についても開発会議の場

を定期的(月 1 回以上)に開催して、HPCI システム構成機関や利用者の声を取り入れた保守計画(機能拡充を含む)を立案し、合意した計画に沿って、基盤システムの運用・保守を適切に実施した。

- ヘルプデスクシステムでの平成 29 年 4 月から令和 2 年 3 月までの累積受付件数は約 4,500 件超、情報共有 CMS では 2063 件に上る多数のプロジェクトが立ち上がり、情報共有の仕組みとしてよく利用されている。こうした基盤システムの運用が、利用者の利便性と HPCI の運用を支えている。

#### e) 成果公開の促進について

HPCI 利用研究の成果は、知的公共財として積極的に公表し、普及されるべきものとして、その成果の公表を促進するために以下の方策を継続・実施している。併せて、利用者相互の情報交換が適切になされるよう成果報告会を平成 26 年度以降毎年開催している。

- 課題代表者に課題実施終了後 60 日以内に利用報告書の提出を求めている。
- 課題代表者に課題実施終了後 3 年以内に下記のいずれかの方法による成果公開を求めている。これに関連して、下記のどの方法で成果公開を行うかを申告する成果公開申告書の提出を、課題実施終了後 60 日以内に行うことを求めている。
  - a) 課題番号が明記されている査読付き論文(査読付きプロシーディングス、博士学位論文を含む)
  - b) HPCI 利用研究成果集(高度情報科学技術研究機構発行の電子ジャーナル)
  - c) 企業の公開技術報告書(産業利用のみ)
  - d) 特許(特許権の取得まで)
- HPCI で共通運用される計算資源を利用した利用研究課題に係るあらゆる成果情報を一元的にまとめた HPCI 成果発表データベースを構築し、平成 25 年 5 月から運用している。本データベースは HPCI ポータルサイトから閲覧・検索が可能で、日本語/英語両言語に対応している。成果発表情報の登録は HPCI 利用研究課題の利用者単位で随時 Web から入力可能である。
- 「京」の共用の促進に関する事業と連携して中間報告会(2 回)と成果報告会(6 回)をこれまでに計 8 回開催し、異分野の研究者相互の情報交換に貢献した。

#### f) 啓蒙活動について

- 青少年の計算科学に関する啓蒙活動の一環として、平成 30 年度から高校生・高等専門学校生を対象にした初心者向けプログラミング講習会「はじめてのプログラミング」(参加者総数 75 名)、実際にスパコンを使って並列計算に挑戦する経験者向け講習会「スパコン体験塾」(参加者総数 34 名)の 2 種を開催している。参加者からは数値シミュレーションの意義やスパコンの性能の高さを実感できた等の声が多数寄せられ、青少年の計算科学に対する知的好奇心の活性化に貢献した。また、高等学校からの要請を受けて、初心者向けの「はじめてのプログラミング」は出前授業として個別開催(計 2 校・64 名)しており、地元の教育機関との連携を深めている。

### (3-2) 産業利用促進（高度情報科学技術研究機構、計算科学振興財団）

産業利用に配慮した利用環境を構築するため、セキュリティを確保した利用者の作業用個室を関東(東京)と関西(神戸)にアクセスポイントとして設置・運用し、産業利用ユーザの利便性を図っている。また、利用支援を行うことにより、産業界の利用を促進するとともに、広報活動を実施することにより、産業界における HPCI 産業利用の認知度を向上させ、応募拡大に継続的に取り組んだ。

#### a) アクセスポイントの設置・運用について

東京都港区と兵庫県神戸市にセキュリティを確保した利用者の作業用個室をアクセスポイントとして設置し、運用している。アクセスポイントでは、利用前相談や利用・技術支援、HPCI を利用するためのシステム環境の提供、大規模計算のデータアップロード・ダウンロード支援、そのためのローカルストレージや NAS(Network Attached Storage)の貸出しなどを行っている。またアクセスポイント東京は対面認証のための最寄センターとしても機能している。

##### a-1) アクセスポイント東京の設置・運用(高度情報科学技術研究機構)

- 平成 29 年度に、アクセスポイントを東京都品川区から東京都港区へ移設し、利用者の利便性を向上させた。新しいアクセスポイントは浜松町駅から徒歩 5 分圏内であり、羽田空港、東京駅からのアクセスも良く、産業利用者が立ち寄りやすい拠点へと改善された。それにより、平成 29 年度以降の対面認証件数は年平均 21 件となり、過去 5 年の平均件数 13.8 件と比べ大幅に増加した。移設前と同様に、電子錠や防音材等によりセキュリティに配慮した個室 2 室を設置し、ネットワーク設備も従来通り 10Gbps の専用回線を整備した。個室の 1 室は以前より拡大し、利用者間の打合せにも活用できるよう利便性向上を図った。
- 平成 30 年度には、ノート PC10 台を導入し、社用 PC を持ち出すことが難しい産業界の参加者もアクセスポイント東京におけるハンズオン講習会に容易に参加できる環境を整備した。平成 30 年度の利用実績は、個室利用が 2 件(2 日)、利用相談 10 件、講習会開催 6 回、総勢 94 名の参加者があった。

平成 30 年 4 月と 7 月に高度情報科学技術研究機構取りまとめの下、スーパーコンピューティング技術産業応用協議会と HPCI 構成機関 12 機関とで HPCI の運用(セキュリティ、可視化処理、データ転送)に関する情報交換会を実施した。その際にアクセスポイント東京と各システム構成機関との間のネットワーク転送速度を実測し、産業界が期待する大容量転送(数百 MB/s 程度)が実用的に利用できることを確認した。
- 令和元年度には、Windows 利用者の多い産業利用者のために、個室用端末の 1 台を Windows ワークステーションに更新し、大規模データ転送の操作性や利便性の向上を図った。これまでアクセスポイント東京における 10Gbps の回線を用いた大規模データ転送を行う場合は Linux ワークステーションを使用するしか方法がなかった。この更新を行うことにより、Linux に不慣れな産業界利用者や、社内の事情により Windows で暗号化したハードディスクを用いざるを得なかった利用者が、使い慣れた環境でデータ転送を行える環境に改善した。さらに貸出用ストレージとして軽量な 6TB ストレージ 6 基を導入することにより、利用者の利便性を高めた。これにより、

令和元年度の利用実績は、個室利用(データ転送利用)が4件(15日)と増加するとともに、利用相談も12件に達した。また前年に引き続き講習会を3回開催し、計43名の参加者があった。

- 以上のように利用者のニーズに継続的に対応した結果、アクセスポイント東京における個室利用のこれまでの実績は156件、延べ利用日数は310日、利用相談件数は149件に達し、大規模データダウンロードや産業利用相談の拠点として、有効に活用された。また、対面認証のための最寄りセンターとして、132件を認証し、産業界の利便性を高めた。
- アクセスポイント東京のこれまでの利用件数の推移を以下の表(3-2)-1に示す。

表(1)3-2-1:アクセスポイント東京の利用件数の推移

年度	個室利用登録実績		個室利用実績			利用相談 件数	対面認証 件数
	件数	人数	件数	延べ 利用日数	延べ 利用人数		
H24	2	5	1	1	1	6	5
H25	10	25	36	42	54	36	23
H26	7	19	40	92	110	27	13
H27	11	22	57	104	171	26	11
H28	11	22	10	42	42	18	17
H29	5	8	6	12	12	14	24
H30	3	3	2	2	2	10	24
R1	4	9	4	15	24	12	15
合計	53	113	156	310	416	149	132

a-2)アクセスポイント神戸の運用(計算科学振興財団)

- アクセスポイント神戸では、2室の作業用個室に、高速回線で「京」施設と直結したワークステーションと利用端末、インターネット接続による「京」以外のHPCIの利用端末を整備・運用している。平成24年度の供用開始以降、継続して改良を進め、平成29年度当初は、以下の構成であった。
  - 作業環境  
作業用個室(A室、B室)、前室
  - 端末、ソフトウェア等  
HPCI利用端末、ジョブ管理端末、プリポスト用ワークステーション、データ転送用ワークステーション2台  
貸出ストレージ12基(物理容量20TB:8基、6TB:4基)  
プリポストソフトウェア  
(FieldView、Pointwise、AVS/Express PCE、EnSight VR、)
  - 回線等  
「京」接続用 :10Gbps、リモート接続用:SSL-VPN
- 平成29年度には、「京」とアクセスポイント神戸を直結する10Gbps回線を新たに3本設置し、合計転送バンド幅を40Gbps(10Gbps×4)とした。また、「京」側では理

化学研究所計算科学研究センターと連携し、アクセスポイント神戸専用ノードを新設し、アクセスポイント神戸側では従来の設備に加え、新たに 10Gbps イーサネットインターフェースを 2 つ備えたデータ転送用ワークステーションを計 4 台設置した。

- 平成 30 年度には、導入から 6 年が経過した既存機器のスペック不足等のため、以下の対応を行った。

① 大容量メモリ・ストレージ搭載計算サーバ等の導入及びネットワーク再構成

「京」の計算データ規模の巨大化に対応し、「京」の共用終了に向けたデータ退避に退避先ストレージに記録するデータ量をポスト処理により縮約するために、1.5TB の大容量メモリ搭載サーバ及びネットワークストレージサーバーを計算機室に導入し、作業用個室等から大容量メモリ搭載サーバにアクセス可能な可視化・リモートデスクトップ環境を構築、その利用端末として可視化時の要求スペック(高解像度)を満たす iMac(5K)を作業用個室(A 室、B 室)に各々設置した。また、「京」作業用個室間の回線(合計転送バンド幅 40Gbps)の連続性を確保するため、サーバから作業用個室間のネットワークの再構成を図った。

② 貸出ストレージの更新・強化

物理容量 6TB の貸出ストレージ 4 基の HDD 計 16 台を SSD に変更し、1 基当たりの物理容量を 6TB から 16TB と約 2.7 倍の大容量化を実現し、更なるデータ転送高速化を実現した。

- 令和元年度は、「京」の共用終了に向けた準備として、「京」との直結回線(10Gbps×4)経由で、高速にハードディスクにコピーして持ち帰る他、「FOCUS スパコン」のストレージにコピーするネットワーク構成を検討し利用者に案内し、「京」共用終了直前での混雑緩和と利用者の利便性向上に努めた。
- 以上のように、利用者の利便性の向上、作業の効率化に努めた結果アクセスポイント神戸における個室利用の令和元年度までの実績は 82 件、延べ利用日数は 442 日、利用相談件数は 172 件に達し、有効に活用された(数値は供用開始後累計)。
- アクセスポイント神戸のこれまでの利用件数の推移を以下の表(3-2)-2 に示す。

表(1)3-2-2: アクセスポイント神戸の利用件数の推移

年度	個室利用登録実績		個室利用実績			利用相談件数
	件数	人数	件数	延べ利用日数	延べ利用人数	
H24	2	5	3	15	15	5
H25	12	27	18	45	64	14
H26	10	30	22	208	213	25
H27	4	9	14	85	146	14
H28	5	10	19	82	82	19
H29	5	10	5	6	6	24
H30	3	7	1	1	1	37
R1	1	4	0	0	0	34
合計	42	102	82	442	527	172

- 利用者の視点においては主に以下のような効果が出ている。
  - 1) 事業所等から一般光回線(想定1Gbps)を用いた場合に比べ、データ転送時間が最大40倍となり、「京」混雑時もアクセスポイント神戸専用ログインノード経路により円滑な転送が可能となっており、大規模計算のボトルネックが解消され、トータルの作業時間が短縮、新しい研究開発に注力できる時間が生まれる。
  - 2) アクセスポイント神戸にプリポストソフトウェアを導入することで、ライセンス取得に必要な数百万円の費用を利用者が負担することなく使える環境を提供できた。
  - 3) リモートアクセス化により作業個室に出張する経費や時間が削減された。
  - 4) 大容量メモリ搭載計算サーバの導入により、ますます増大するデータのポスト処理に対応するとともに、より大きな問題サイズのメッシュ生成などのプリ処理を、産業界が使い慣れた環境で実施することが可能となった。これらのHPCI計算機資源で要求される並列化レベルの達成やビッグデータの機械学習処理などに向けた、技術高度化トレーニング・トライアルが可能なテストベッドシステムとして活用することができる。

#### b) 利用支援による産業利用の促進について

##### b-1) 高度情報科学技術研究機構の取り組み

HPCIにおける産業利用促進のための専門組織として設置している産業利用推進室(現産業利用推進部)を中心に、関連部署との連携の下に、新たな内容を盛り込みつつ以下の利用支援を実施した。以下、平成29年度以降の実績を示す。

##### I) 講習会・ワークショップ

高度情報科学技術研究機構では、「京」の利用に特化した初級から上級レベルまでの利用者やHPCIの利用経験の浅い利用者からHPCI利用に特化した上級レベルまで、幅広い利用ニーズに対応した講習会・ワークショップを平均年20回、東京、神戸の2都市にて開催してきた。また、定期開催の講習会等に参加できない受講希望者のために、企業等に出向いてオンサイト講習会を適宜開催した。これらの講習会等は学术界及び産業界の両方を対象として開催してきたが、産業界からも多くの参加者を得ている。平成29年度以降、講習会等を合計79回開催し、1,751名が参加した。

- HPCプログラミング講習会を18回開催した。これは、HPCを活用するために必要なMPIやOpenMPによる並列プログラミング技術及びチューニング技法を習得するものである。延べ出席者数312名の内約4割(131名)は企業からの参加者が占め、産業界におけるHPC利用促進に寄与した。
- さらに、HPCIにおいて多様な計算機(メニーコアやGPGPUを搭載したシステム)が増えてきたこと、また講習会等の参加者からの要望を受けて、これらの利用技術が習得できるように、平成29年度よりIntelのメニーコアを活用するためのチューニング技法を、令和元年度よりGPGPUを活用するためのチューニング技法を習得するコースを新設し、これまでにメニーコアを8回(受講者94名)、GPGPUを3回(受講者53名)開催した。

- CAE 分野では、オープン・ソース・ソフトウェア(OSS)を利用する課題が多く、なかでも多様な機能を持つ流体分野の OpenFOAM の利用ニーズが高く、また、構造や電磁界分野のニーズも高い。これらのニーズに応えるため、各計算機で実施された移植・高度化の情報を高度情報科学技術研究機構が集約するとともに、CAE ワークショップを 3 年連続して開催(計 3 回)し、利用支援を通じて高度情報科学技術研究機構に蓄積されたノウハウを広く共有した。延べ出席者数 171 名中、企業からは 125 名と、産業界のニーズに応えた。
- さらに、材料分野での OSS の利用ニーズも高いため、代表的な 2 つの手法(古典系・量子系)に対応した材料系ワークショップを開催し、これからシミュレーションを始めるレベルから大規模計算に興味があるレベルまで幅広く情報を提供できるような場を提供した。古典系・量子系それぞれ 3 回開催し、前者で 267 名(産業界:197 名)、後者で 515 名(産業界:275 名)の参加者のニーズに応えた。
- 上記ワークショップに連動して、材料・流体分野のアプリケーションソフトウェア(アプリソフト)初級者向けにハンズオン講習会を平成 29 年度より開始し、これまでに 6 回開催し、54 名が受講した。
- 「京」の初級・中級講習会は 24 回開催した。これは、実際に「京」を利用するための実践的な技術を初級・中級の 2 段階に分けて習得して貰うことを目的としている。同時に、「京」の互換機(FX10)を用いて「京」と同様の操作性を学ぶことができるハンズオン講習会を 10 回実施した。延べ出席者数は 86 名で、その内 1/3 (28 名)は企業からの参加者であり、「京」の利用に当たっての必要な技術の習得に貢献した。
- 「京」の高速化ワークショップを 1 回開催した。これは、高度化支援の実例に基づいた「京」における高並列化・高速化技術を共有するもので、「京」の上級講習会に位置づけられる。延べ出席者 21 名の 1/2 (10 名)が企業の参加者であった。

表(1)3-2-3: 高度情報科学技術研究機構が実施した講習会等の開催実績

年度	チューニング技法 入門		並列プログラミング 入門		固有アーキテク チャ入門		「京」初級編		「京」ハンズオン		「京」中級編		上級・実践編 (高速化WS、 OpenFOAM WS、 材料系WS、 アプリソフト ハンズオン)	
	開催 回数	参加 人数	開催 回数	参加 人数	開催 回数	参加 人数	開催 回数	参加 人数	開催 回数	参加 人数	開催 回数	参加 人数	開催 回数	参加 人数
H24	2	85	2	80	-	-	4	145			4	101	-	-
H25	5	150	5	121	-	-	8	112	2	24	6	76	2	70
H26	4	87	4	75	-	-	6	33	6	32	5	32	2	104
H27	3	74	3	61	-	-	5	59	4	49	5	43	3	181
H28	3	74	3	72	-	-	4	46	4	35	4	36	4	289
H29	3	77	3	59	2	21	6	45	5	39	6	35	6	276
H30	3	56	3	28	3	28	5	51	4	37	5	29	6	264
R01	3	48	3	44	6	98	1	10	1	10	1	8	4	488
計	26	651	26	540	11	147	39	501	26	226	36	360	27	1618
産業界からの 合計参加者数	-	118	-	97	-	44	-	111	-	89	-	64	-	1049

## II) 利用支援

- 大規模並列計算の経験が乏しい申請者が多いため、課題応募前のコンシェルジュ的相談対応を特に重視した結果、103件の利用前相談に応じて30件の応募に繋げ、産業利用の促進に大きく寄与した。

表(1)3-2-4: 高度情報科学技術研究機構が実施した高度化支援の実績

		H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R01	R02	計
「京」/ 「富岳」*	学术界支援件数	10	22	10	16	11	13	17	4	3	106
	産業界支援件数	2	15	18	9	10	11	6	3	1	75
HPCI**	学术界支援件数				5	4	6	5	6	1	27
	産業界支援件数			1	1	3	2	1	1	0	9
年度毎の合計支援件数		12	37	29	31	28	32	29	14	5	217
年度毎の産業界支援件数		2	15	19	10	13	13	7	4	1	84

\* 「富岳」における利用研究課題に対する高度化支援は令和2年度から開始

\*\* 「HPCI」は、「京」/「富岳」を除くHPCI

- 当初(平成24年度)からの高度化支援の実績を前掲の表(3-2)-4に示す。「京」を除くHPCIについては、当初から行ってきた産業界への支援に加えて、HPCIコンソーシアムでの議論を踏まえ、平成27年度からは学术界への支援も開始した。これまでに実施した高度化支援の総数は217件(内、HPCI:36件)で、その内84件は産業利用課題に対する支援である(内、HPCI:9件)。
- 平成29年度以降令和2年5月までに80件(内、産業界:25件)の高度化支援(ポスト「京」性能評価環境利用課題を含む)を実施した。その内、「京」を除くHPCIに対して合計で22件(内、産業界:4件)の支援を行った。性能の改善を目的とする支援において、平均約3.6倍の性能改善を達成し、計算資源の効率的利用、成果の早期創出に貢献してきた。また研究相談にも対応するために、重点課題各分野との連携を推し進めた。
- 平成29年度以降、21件の「京」産業利用課題(支援件数全体の31%)に対して高度化支援(プログラムの高速化支援等)を実施した。性能の分析もしくは改善を目的とした支援を実施した全ての課題でボトルネックの特定とその原因解明、もしくは実行性能が向上しており、支援終了後の満足度調査においては、「満足」、「ほぼ満足」を合わせて94%であり、企業を含めた支援ニーズに着実に応えた。
- ベクトル型やGPGPUなど異なるアーキテクチャへの高度化支援にも対応してきたが、GPGPUを搭載したシステムが増えつつあり、プログラムの高速化への支援の要請が増大するものと考えられる。また、AI・計算科学分野への支援要請も想定しつつ、これらへの対応を強化していく。
- 平成30年度より、理化学研究所等と連携して、ポスト「京」性能評価環境利用課題の募集を開始した。この評価環境を利用する課題4件に対して技術支援を実施した。支援を通じて得られたノウハウには、「富岳」に特化したものに加え、計算

機に依らない高速化ノウハウも含まれ、今後の HPCI での利用に有益な情報を提供することができた。

- ワークショップ等の参加者のニーズ、ヘルプデスクへの依頼、外部有識者の意見や国内外における調査などを経て、成果の早期創出・最大化、計算機の効率的な利用、利用者の裾野拡大等を目的に、平成 29 年度より、利用が多い(カテゴリー 1)、もしくは国の資産として重要な(カテゴリー 2)アプリソフト(国プロアプリ)をプリインストールするとともに、実行環境の構築並びに実行に必要な情報の整理・提供を行った(アプリケーションソフトウェア利用環境整備)。カテゴリー 1としてオープン・ソース・ソフトウェア(OSS)を選択し、これまでに4本の OSS(OpenFOAM、GROMACS、LAMMPS、Quantum ESPRESSO)を「京」と名大の FX100 に、カテゴリー 2としてポスト「京」重点課題において開発され、課題代表者等から推薦された 11 本のアプリソフトを HPCI システム構成機関の要望に応じて整備し、また、アプリ開発者の要請を受け、適宜バージョンアップも行った(下表参照)。また、整備したアプリソフトの普及のため、高度情報科学技術研究機構がアプリソフトの開発者及び HPCI システム構成機関と調整のうえ開催計画を立案し、合計9回のハンズオン講習会を開催し(高度情報科学技術研究機構は共催参加)、合計 77 名が参加した。

表(1)3-2-5: 高度情報科学技術研究機構が実施したアプリケーション・ソフトウェアの利用環境整備の実績

	理研	北大	東北大	筑波大	JCAHPC	東大	東工大	名大		京大	阪大	九大
	「京」	Grand Chariot	LX 406 Re-2	Cygnus	Oakforest -PACS	Oakbridge -CX	TSUBAME 3.0	FX100	CX400	XC40	OCTOPUS	ITO-A ITO-B
OpenFOAM	●							●				
GROMACS	●							●				
LAMMPS	●							●				
Quantum ESPRESSO	●							●				
ABINIT-MP		◎			◎	◎	○		●	◎	◎	○
FrontFlow/blue		◎			◎	◎	●		●	◎	◎	●
FrontISTR		◎			◎	◎	○		●	◎	◎	○
GENESIS		◎		◎(G)	◎	◎	●(+G)		●	◎	◎(+G)	●(+G)
HΦ		◎	●		○	◎	○		●	○	○	○
MODYLAS		◎	●		●	◎	●		●	●	●	●
NTChem		◎	●		●	◎	●		●	●	●	●
OpenMX		◎	●		●	◎	●		●	●	●	●
PHASE/0		◎			◎	◎	●		●	◎	◎	●
SALMON		◎	●		○	◎	○		●	○	○	○
SMASH		◎	●		●	◎	●		●	●	●	●

【凡例】●：平成 29 年度、30 年度に整備、◎：令和元年度に整備、○：令和元年度にバージョンアップ

- 一方で、時代とともに性能が飛躍的に向上するスーパーコンピュータを用いた最先端の研究開発の利用支援を行うためには、利用支援を行う者自らが最先端の研究開発者と同等の能力を有することが不可欠である。「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」第 12 条に定められた登録施設利用促進機関による利用に関する規定により 5 件の調査研究を実施した。また、欧州や米国で開催されるスーパーコンピュータ業界最大級の国際会議 (ISC、SC) に要員を派遣し、「京」を中核とする HPCI の成果を発信するとともに、欧米の計算センターとの情報交換を行うこと等により、支援要員のスキルの向上を図った。

## b-2) 計算科学振興財団の取り組み

### I) 講習会

計算科学振興財団では、HPCI 利用に向けて、主に HPC 初級者から中級者への技術レベルに応じた実習を伴う講習会を 20 名以内の少人数制で神戸を中心に実施している。また東京、名古屋、つくばへも開催地を拡大している。

- アクセスポイント神戸の利用講習会を年 2 回程度開催し、概要や利用手続きの流れ、利用方法、効率的なデータ転送やプリポスト処理方法を紹介した。
- アクセスポイント神戸のプリポストソフトウェア EnSight 活用講習会を年 1～2 回開催し、EnSight を利用して計算結果を可視化する方法を紹介した。
- HPCI 活用を見据えたチューニング講習会 (単体 CPU 編・ノード内チューニング編・ノード間チューニング編)) を年 2～3 回開催し、平成 29 年度以降では延べ 38 人が受講した。
- 産業利用向けエントリースパコン利用講習会を開催した。基本コースでは、HPC 初級者に対しスパコンの概要を説明し、インターネット経由でスパコンにログインしファイル転送、ジョブ実行など一連の基本操作を実習した。応用コースでは、HPC 初級者に対し、ノード内並列・ノード間並列・ハイブリッド並列などの実行、並びにデータ転送高速化ツールの利用方法などスパコンを使いこなす上での手法やツールの利用方法等について講習を行った。平成 29 年度以降、延べ 81 回開催し、延べ 221 人が受講した。
- HPCI 構築を契機に、財団主催・他団体との共催による講習会等、令和元年度は計 222 回にもものぼる様々な講習会を開催した。

表(1)3-2-6: 計算科学振興財団が実施した HPCI 関連講習会の開催実績

年度	アクセス ポイント神戸 利用講習会		アクセス ポイント神戸 EnSight 活用講習会		HPCI 利用に向けたチューニング講習会						産業利用向け エントリー スパコン 利用講習会	
	開催 回数	参加 人数	開催 回数	参加 人数	単体 CPU 編		中級編 (ノード内・ OpenMP)		中級編 (ノード間・ MPI)		開催 回数	参加 人数
H24	-	-	-	-	11	43	5	11	ノード内・間同時開催		-	-
H25	6	11	-	-	9	22	7	20	5	21	-	-
H26	1	1	-	-	7	13	7	13	5	11	-	-

H27	2	2	-	-	4	9	4	10	4	10	-	-
H28	2	2	1	2	2	4	2	4	2	2	-	-
H29	2	3	2	3	2	4	2	4	2	4	22	61
H30	2	2	1	1	2	5	2	5	2	5	31	88
H31	0	0	1	1	3	3	3	4	3	4	28	72
計	15	21	5	7	40	103	32	71	23	57	81	221
うち 産業界 (割合)		21 (100%)		6 (86%)		75 (73%)		58 (82%)		44 (77%)		201 (91%)

## II) 技術支援・研究相談

計算科学振興財団では、「京」を中核とする HPCI の利用に向け、高並列計算の利用経験やノウハウの蓄積を図るため、プログラムの高並列化・高速化等のチューニングを支援する「高並列計算支援専門員」を設置し、平成 29 年度から令和元年度にかけて計 106 回、高並列計算の利用支援・指導助言を実施した。主に、「京」利用申請書の記載支援やそのために必要な高並列化検討と「FOCUS スパコン」による実データ取得支援、「京」共用終了後のフォローアップ、「富岳」利用を見据えた「FOCUS スパコン」上でのアプリケーション試行計算支援を行った。

上述のように、高度情報科学技術研究機構及び計算科学振興財団では、講習会や利用支援・相談を創意工夫のうえ積極的に実施してきた。講習会では、受講者の満足度が 9 割超と目的を達成した。多数の受講者のスキルアップは計算科学技術を担う人材の育成に大きく貢献したと言える。また、利用支援・相談では利用者ニーズにきめ細やかに対応した内容としており、HPCI の利用促進に大きく貢献した。

### c) 普及促進活動等による HPCI 産業利用の認知度向上と裾野拡大について

#### c-1) 高度情報科学技術研究機構の取り組み

##### I) 企業訪問等

総計 38 件の企業訪問あるいは企業からの来訪により、HPCI の産業利用について認知度向上をはかった結果、7 社 13 課題が応募に至り、いずれも選定された。

##### II) 広報活動

- ・ 「京」を中核とする HPCI の産業利用パンフレットを作成し、展示会や講習会等において、4,435 部を配布し、産業利用の拡大に努めた。
- ・ HPCI を初めて利用した利用者へのインタビューを行い、「はじめての HPCI」リーフレット 2 種類にまとめ、新規利用者拡大に努めた。
- ・ 広報誌「京算百景」において、HPCI を活用した産業利用事例を特集として 2 回取り上げ、HPCI の利用を検討している企業等に情報を提供した。
- ・ 成果事例集 V から VII を作成し、紹介事例 14 件中 4 件の産業利用関連事例を掲載した。

- セミナー・シンポジウムの主催・共催、講演、展示会への出展等、28 件の普及促進活動を実施した。
- 「HPCI フォーラム」を企画し、新規利用者開拓を目的に、研究事例紹介、HPCI 利用について展示及びセミナーで訴求を計画した。(新型コロナウイルス感染症拡大により開催(3/4 予定)を中止)

上記取り組みの結果、大規模 HPC の経験豊富な先進企業だけでなく、小規模の HPC 利用経験しか無い企業 2 社を、HPCI システムを活用した大規模計算に先導できた。

## c-2) 計算科学振興財団の取り組み

### I) 企業訪問

HPCI のフラッグシップ計算機「京」(令和 2 年度からは「富岳」)が所在する神戸だけでなく、全国規模での HPCI の認知度向上やアクセスポイントの利用促進、利用者開拓を図るため、産業界の HPC 利用に関する幅広い知見を有する「HPCI 産業利用推進員」を首都圏、中部圏、関西圏にそれぞれ駐在させ、毎年度 400 件以上の企業訪問による現場ニーズの吸い上げと産業利用への積極的な PR 活動を行った。

既に関係を築いているスパコン利用企業に対しては、訪問だけでなくメールや電話によるフォローアップを継続しつつ、加えてスパコンの利用を開始して間もない企業やスパコン未利用企業に対しては、普及を強化するためスパコン利用セミナーを企画・実施することによりさらなる裾野拡大を目指し、今後も「富岳」や HPCI の潜在的利用者の拡大を図っていく。

さらに今後、「富岳」に向けては、HPC 利用者の「富岳」への円滑な移行や ArmSVE 普及のため「富岳」商用機 FX700 を通じた利用支援を PR していく。

### II) 広報活動

(「FOCUS スパコン」の幅広い産業ネットワークを活用した普及促進活動)

- 「京」、HPCI の認知度向上や利用促進を図るため、産業界の HPC 利用に関する幅広い知識を有する「HPCI 産業利用推進員」を中心に、各種パンフレット「HPCI 産業利用のご案内」(高度情報科学技術研究機構)、「HPCI アクセスポイント神戸」(FOCUS)、「利用事例集」(FOCUS)等を題材として、毎年約 15 回、展示ブース等(各種セミナー、ユーザ会等)を通じて、HPCI 利用者もしくは潜在利用者に対し普及促進活動を実施した。毎年作成しているシミュレーションの産業利用事例を分かり易く紹介した「利用事例集」は、平成 29 年度から令和元年度までに累計 12,000 部発行した。そのうち「京」を活用した事例は、13 例であった。
- 毎年、計算科学振興財団が主催で「トップセミナー」(令和元年以降は、「スーパーコンピュータ・ソリューションセミナー」)を開催し、産業界においてスパコンがどのように活用され、課題が克服され、どのような成果が上がっているのか、各社の事例を紹介し、HPCI について情報発信を行った。企業の経営者層・技術部門幹部、企業の研究者・技術者等を対象に毎年 100 名以上が参加した。

(ウェブサイト等での情報公開)

- 計算科学振興財団ウェブサイトにおいて、アクセスポイント神戸に関する情報を公開している。特にアクセスポイント神戸の利点、使用機器、サポート体制(大規模入出力支援、高並列計算移行支援、利用相談)や利用手続きを利用者に分かり易く説明し、利用実績や予約状況等の情報も随時更新している。
- 計算科学振興財団の 4,000 件に及ぶ企業向けメールマガジン「J-Focus\_News」を活用し、HPCI コンソーシアム、HPC に関するセミナー、シンポジウム等の情報を随時配信している。
- デジタルマーケティングによる市場分析及び利用者開拓、Facebook 及びグーグル広告等での HPC の PR 等も行っており、引き続き ICT を活用した普及促進活動を積極的に行っていく。

上記の高度情報科学技術研究機構及び計算科学振興財団の利用支援及び広報活動により、企業が参画する課題の件数、利用企業数、利用者数は以下の通りとなり、HPCI を活用した産業利用の創出に成功した。

表(1)3-2-7:企業が参画する課題の件数、利用企業数、利用者数

	企業が参画 する課題数 (件)	利用企業数 (社)	利用者数 (人)
「京」を含む HPCI システム全体	197	133	1,161
(内、「京」以外の HPCI)	36	60	197

一方で、HPCI の産業利用は、まだ大企業が中心で、アプリケーションベンダーを除き中堅・中小企業の利用は非常に少ない傾向がある。産業利用の鍵を握っているのは母集団の大きな中小企業であるから HPCI は裾野拡大をさらに推進する必要がある。そのためには、企業訪問の一環として、企業の現場に出向いて課題の設定、解析方法、適用可能なアプリケーションソフトウェアの検討等の研究相談に手厚く対応し、サポートする取組みが必要である。

#### ④独創性・優位性について

##### (1)HPCI の運営企画・調整(平成 28 年度までは理化学研究所、それ以降は高度情報科学技術研究機構)

###### (1-1)今後の運営の在り方に関する調査検討

計算科学技術に関わる全ての者に開かれており、我が国の計算科学技術振興の中心となり、世界最高水準の成果創出と成果の社会還元を目指して協力して活動することを理念とする HPCI コンソーシアムの活動は諸外国に類を見ないものである。本業務はこの HPCI コンソーシアムと連携して、多様な機関より構成される計算科学技術コミュニティの意見を収集・集約し、より効率的・効果的な HPCI の運営に繋げる仕組みを構築しており、より多様な成果の創出の観点において、諸外国での取り組みに比べて優位性がある。

###### (1-2)技術企画・調整

HPCI システムの稼働状態監視について、引き続き各構成機関の稼働状態及び帯域性能の定常監視を実施し、HPCI 利用者向けに Shibboleth 認証付き制限公開とするシステムを活用した。平成 25 年 1 月 11 日より、Shibboleth IdP・SSH Gateway・共用ストレージ関連のサービス運転状況を視覚化及び一覧可能にする HPCI 全体監視システムの運用を開始し、継続実施した。

また、認証基盤システムの開発元であるシカゴ大学より、開発サポートの終了が平成 29 年秋に通知された。それを受けて、HPCI として次期認証基盤システムの検討を国立情報学研究所を中核とし、代表機関及び関連分担機関を交えて技術的な検討を開始した。各検討段階における成果については、HPCI 連携サービス委員会及び HPCI 連携サービス運用・作業部会で議論して検討の方向性を提言している。このように、いくつかの分担機関間に跨がる課題の解決に、独自の「HPCI の運営」実施体制の下、関係者・専門家が直ちに参画出来る優位性がある。

##### (2)HPCI システムの運用

###### (2-1)認証局の運用 (国立情報学研究所)

HPCI と同様の分散計算基盤のための認証局(グリッド認証局)の運用では、安全性が担保された暗号技術を利用することによりシステム全体の安全性を維持することが重要である。HPCI システムの認証局では、最新の暗号プロトコルである TLS 1.3 を用いた認証局構成要素間の暗号通信を確立するためのソフトウェア実装を完了し、1 機関で運用することで、高いセキュリティを確保している。

###### (2-2)HPCI 共用ストレージ等の運用・保守(東京大学、理化学研究所)

運用を行っている広域ファイルシステムのソフトウェア Gfarm は、シングルサインオンによる利用を可能とし、複数拠点のストレージをシングルシステムイメージで用いることができる。欧米では、ある拠点のストレージを他拠点でアクセスすることで広域ファイルシステムを実現した例はあるが、スケールアウト性及びランダムアクセス性能、耐障害性などにおいて HPCI の方式が有利と言える。

また、平成 25 年度に整備された、システム側で自動的に拠点間をまたがってファイル複製を作成する機能は、独創的で他に例がなく、優位性がある。実際に、拠点単独、サーバ単体での障害が発生した場合にも、正常に利用を継続することが可能であることが実証されている。

特にデータ多重化が完了し、東京大学又は理化学研究所の単独運用時でも読み出し書き込み運用が可能になった平成 29 年 10 月 10 日から令和 2 年 4 月 30 日現在まで一度も運用を停止することなく、連続 568 日間の連続稼働を達成している。連続稼働中も年間 8 回程度のメンテナンスを実施し、基本ソフトウェアである Gfarm の更新、ファームウェアの更新、ハードウェア障害対応などを実施している。加えて、連続稼働期間中は、データ消失など重度障害も発生していない。世界最大級の広域大規模ネットワークファイルシステムとして、非常に高い信頼性と堅牢なデータ保護を実現できている。

### (2-3) 課題選定及び共通窓口に関する基盤システムの機能拡充

(高度情報科学技術研究機構)

従来、独自の業務フローによりスーパーコンピュータの運用を行ってきた 12 の HPCI システム構成機関が提供する資源を、利用者から見てワンストップで利用可能とすることが本基盤システムの重要な役割である。自律した組織の連携による業務を円滑に行うための情報共有とワークフロー管理を、機密性保持に必要な細かな権限設定と両立させるために、③で例示したような情報共有方式、権限設定方式等の改良を行い、それに伴う本基盤システムの機能拡充を行ってきた。この分野において、規模と非均質性の大きさに対応した点に独創性・優位性がある。

## (3) HPCI の利用促進

### (3-1) 課題選定及び共通窓口の運用 (高度情報科学技術研究機構)

- HPCI は、「京」を中核とし第二階層に至る多様な計算機資源から構成され、利用者のスカラー並列計算からベクトル並列計算、可視化処理に至るまでの多様なニーズに応えることのできる資源を提供している。利用者は、申請支援システムを用いることで、複数の多様な計算機資源の利用申請を一度の申請で行うことができる。このような仕組みは、HPCI の効率的利用に大きく寄与している。
- HPCI は、12 に上る機関から提供された資源により構成されているため、資源情報及び利用相談については各機関で粒度が異なる問題がある。共通運用窓口では、HPCI のすべてにわたる情報提供及び利用相談を一括して、粒度をなるべく合わせ、ワンストップ・サービスで対応することにより、利用者が計算資源を容易に利用できる環境を提供している。多様な計算機資源とその利用者間のユーザインターフェースを共通窓口において一元的に担う機能は、HPCI 独自の仕組みである。
- なお、新型コロナウイルス感染症拡大対応においては、緊急事態に関係機関との連携による機動力と柔軟性を発揮し、いち早く、HPCI という我が国独自の計算機環境を構成する計算資源を利用した研究課題の臨時募集を開始した。「治療」、「防疫」、「創薬」、「感染拡大に関わる分析・予測」などの広範な研究への HPCI 貢献が期待されている。

### (3-2) 産業利用促進（高度情報科学技術研究機構、計算科学振興財団）

#### (ア) 高度情報科学技術研究機構の取り組み

##### a) アクセスポイントの設置、運用

- 米国( INCITE, XSEDE)、欧州( PRACE)には HPCI のアクセスポイントのような産業利用に特化し、システムの利用環境まで装備した利用支援拠点は設置されておらず、HPCI 独自の取り組みである。

##### b) 課題選定の柔軟性

- 産業利用課題の選定基準として、科学的卓越性に代え、自社内では実施できない規模や難易度であること、産業応用の出口戦略の明確性等を設定しており、産業界の特性を考慮した基準を設けている。欧米では科学的卓越性が重要な選定基準となっており、産業利用の実情とは合い難い。また、課題代表者が所属する機関(企業・コンソーシアム等)において実証利用に初回又は 2 回目の実施となる機関を抽出し、3 回以上の実証利用となる機関からの応募課題と初回あるいは 2 回目の利用となる機関からの応募課題とはグループを分けて、それぞれのグループで利用者選定を行い、利用者の裾野拡大に配慮した選定を行っている。これらは米国( INCITE, XSEDE)、欧州( PRACE)にはない HPCI 独自の取組である。

##### c) 利用支援

- HPCI の産業利用は、トライアル・ユース、実証利用、個別利用と 3 種類の利用形態を設け、産業界の多様な利用ニーズに応えるとともにそれぞれの特性に応じた利用支援を実施している。国外では産業利用枠の設定やこのような多種類の利用形態の設定は無い。
- HPCI コンソーシアムの提言を受け、平成 29 年度より、アプリケーションソフトウェアの利用環境整備を進め、HPCI の利用の拡大や裾野の拡大を図ってきた。利用頻度の高い OSS やポスト「京」重点課題で開発されたアプリソフトを「京」や HPCI システム構成機関のスパコンに整備し、HPCI 利用者の拡大に貢献した。このようなアプリソフト利用環境整備は、学术界のみならず、産業界の利用者にとっても利便性の向上に繋がるもので、特にプロアクティブに実施してきたことは新しい試みである。

#### (イ) 計算科学振興財団の取り組み

##### a) 地の利を生かした高速転送の実現

アクセスポイント神戸は、「京」のある理化学研究所計算科学研究機構に隣接した計算科学センタービル内にあり、その地の利を生かして、低遅延かつ最大理論バンド幅 40Gbps の光ケーブルにより「京」ネットワークへ直結接続されているため、「京」の利用拠点として非常に優位性がある。

さらに、大規模データ入出力支援時の転送性能を向上させるため、チューニングや転送方法の最適化(暗号化処理の最適化、多数のファイルはまとめて、大容量のファイルは自動的に分割圧縮し並列転送する手法の開発などの工夫)を実施した。その結

果、「京」からアクセスポイント神戸間にて「京」の大容量データをダウンロードした場合、転送バンド幅は合計 36.16 Gbps(4,312MB/s)と、40Gbps の 9 割と、ほぼ理論値に近い転送速度を実現した。(設定条件: 暗号化 arcfour128、10GBASE-T 2 基搭載のデータ転送用ワークステーション 4 機を同時使用)

ただし、実効転送速度はデータ転送用ワークステーションへ接続する外部ストレージの性能に大きく依存する。ワークステーション 2 機を利用した外部ストレージへの実効スループットでは実測値として合計 2GB/s の性能を確認している。

なお、「京」から神戸市内の事業所間においては、一般家庭向けインターネット経由で、実効バンド幅 8MB/s 程度(設定条件: 一般家庭向け光ファイバ接続インターネット 1Gbps 使用時)であることから、アクセスポイント神戸の転送時間はインターネット経由と比較して 1/250 と大幅に短縮することができた。

以上のとおり、アクセスポイント神戸は地の利と転送方法の工夫によって国内最速の「京」からのデータ転送を実現し、このノウハウはアクセスポイント神戸利用者の大規模データ入出力支援に活かされている。この点に独創性、優位性がある。

表(1)④-1: 計算科学振興財団による大規模データ入出力支援時の転送性能実績

転送区間 (回線種別)	最大実効バンド幅	転送時間(実測)
「京」から神戸市内の事業所 (一般家庭向け光ファイバ接続インターネット 1Gbps)	8MB/s	1日半～2週間
「京」からアクセスポイント神戸 (「京」直結 40Gbps 回線)、暗号化 arcfour128、10GBASE-T 2基搭載 WS 2 ～4機利用時)	約2～4GB/s	8～10分

※転送時間は利用者転送毎の実測値であり、転送した合計データサイズや、外部ストレージ性能、「京」のフロントエンド側と利用者側間のネットワークの混雑状況に大きく依存し、単純に実効バンド幅の性能に比例していない。

#### b)「京」へのステップアップ支援

計算科学振興財団は、国内唯一の産業利用向けエントリースパコンである「FOCUS スパコン」の運用や支援団体である FOCUS 賛助会員を通じ、産業界における HPC 利用者の要望・ニーズを集約する環境を構築している。この幅広い利用者ネットワークを生かし、産業界へ HPCI の PR を実施するとともに「FOCUS スパコン」から「京」へのステップアップを実現させ、HPCI の産業利用を促進していることに独創性、優位性がある。

「京」の産業利用企業の 6 割が「FOCUS スパコン」を利用、8 割が計算科学振興財団の活動に関係しており、計算科学振興財団の活動が「京」の利用促進にも寄与することを実証した。

表(1)④-2: 計算科学振興財団を通じた「京」へのステップアップ実績(採択 312 課題(累計))

	該当する課題数	採択課題数に対する割合(%)
1. 「FOCUS スパコン」の利用実績 (企業名の照合)	189	61%
2. チューニング講習会受講経験	62	20%
3. 技術支援員によるサポート (京の利用相談等)	213	68%
4. 賛助会員	132	42%
5. FOCUS 関係企業 (1~4 のいずれかに関係している企業)	265	85%

## ⑤必要性・有効性・効率性について

### 【必要性】

HPC によるシミュレーションは、理論、実験と並ぶ科学技術における第 3 の基礎的手法として国際的にその利活用が推進されている。我が国としても激しい国際競争を勝ち抜いていくためには、アカデミアから産業界にわたる多様な計算ニーズと旺盛な計算需要に応えられ、世界最高水準の研究成果を創出可能な最先端の HPC 環境を提供していくことが必要不可欠である。

この要請に応えるにはフラグシップ計算機だけでは十分でないため、本事業では、全国の大学情報基盤センター等の HPC を高速ネットワークで接続するとともに、ペタバイト級の大容量ストレージを全国 2 カ所に配置することにより、全国の HPC リソースを幅広い利用者層が効率よく利用できる HPC 環境を提供している。大学等が独自に整備した特徴の異なる計算機を一元的に利用できるようにすることで、産業界を含めた裾野拡大、超大規模計算へのステップアップ等、多様な計算ニーズと旺盛な計算需要に応えてきた。具体的な成果は以下のとおりである。

- ID 連携によるシングルサインオンを可能とする認証基盤システムや利用者に対して一括した情報提供を行うユーザ管理支援システム、ワンストップ・サービスを可能とする共通窓口等に関して、利用者視点に立った運用及びその改善を通じて、利用者が HPCI システムを容易に利用できる環境を実現した。その結果、HPCI の利用者数が令和 2 年 3 月末時点で延べ 13,600 人、うち産業利用における企業関係者は 3,200 人と順調な伸びを確保し、計算科学技術の利用者の拡大に貢献。
- HPCI は産業界からも広く利用され、産業利用課題は延べ 74 課題(「京」以外の HPCI 利用 62 課題及び「京」との同時利用課題 12 課題)に上り、大きな成果を創出した。たとえば、自動車のタイヤまわりの空気の流れから音が発生するメカニズムを数値流体音響解析によって解明した成果などが得られ、低騒音タイヤの開発への応用が期待されている。
- HPCI の初心者や計算機科学に精通していない利用者にとっては、自らが開発したアプリケーションソフトウェアを HPCI 計算資源に移植すること、さらにはチューニング等を行って実行性能を高めることには困難な場合があることが想定される。そのため、HPCI 利用者の拡大と共に、成果の早期創出や計算機システムの効率的利用のため、アプリケーションソフトウェアの移植・高度化を実施した。
- HPCI を構成するスパコンを利用したい場合、利用したいアプリソフトが直ぐに使える状態にあり、また、その利用手引きや利用するための基本的なジョブスクリプト等が用意されていることが極めて重要である。また、利用環境を整備するだけでは不十分で、アプリソフトを利用するに当たっての障壁を下げる工夫として、整備したアプリソフトの利用希望者に対する講習会の開催が必要である。そのため、HPCI 利用者の拡大には、高度情報科学技術研究機構が進めてきたアプリケーションソフトウェアの利用環境整備のような、利用者の利便性の向上を図った。
- 平成 24 年度以降、HPC 初心者から上級者までの段階に応じた講習会、ワークショップ等を広く開催(合計 387 回開催)し、延べ 4,523 人(うち産業界 1,977 人;44%)の参加があった。受講者のスキルアップを通じて我が国の計算科学技術を担う人材の育成と産業利用促進に貢献。

- HPCIにおける成果や利用についての情報発信、広報誌や成果事例集の発行を通じて、計算科学技術に関する幅広い国民の理解の増進に寄与した。

国においては、「京」の後継機であるポスト「京」の必要性が確認され、平成 26 年度より開発事業が開始され、現在、「京」の後継機「富岳」の設置が進められている。令和 2 年 4 月より、その一部の計算資源を利用して成果創出加速プログラムが開始された。我が国の計算科学技術のさらなる推進に貢献できるよう、引き続き、多様化する利用者に寄り添い、利用者視点に立って、本事業を推進していく必要がある。

#### 【有効性・効率性】

- 利用者コミュニティ代表機関や HPCI システム構成機関など多様な機関から成り立つ HPCI コンソーシアムと連携した今後の運営に関する意見収集・集約や、HPCI システム構成機関等が参加する HPCI 連携サービス委員会等での技術的な調整を通じて、利用者視点により効率的・効果的な HPCI の運用を実現しており、我が国の計算科学技術コミュニティにおける多様な成果創出等に寄与している。また、HPCI 連携サービス委員会等においては HPCI システム構成機関のスパコンの整備状況、更新情報、運用情報が集約・共有されるため、同委員会等の運営により、HPCI システム構成機関でのスパコンの整備計画の検討や効率的な運用の面でメリットがもたらされたものと考えている。
- HPCI では、HPCI システム構成機関の運用ポリシーを尊重した運用がなされることとなっているため、複数の計算機を利用する利用者にとっては、計算機ごとに異なる運用ポリシーを正しく理解することは困難であった。そこで共通窓口を通して、HPCI システム構成機関の運用ポリシーについても一括した情報を提供することで、利用者の負担を軽減し、利便性を高めた。これにより、HPCI の構築・運営という国の全体的方針の下で、12 の構成機関から提供された計算資源が、利用者の多様なニーズに応じて、一元的に利用されている。共通窓口でのサービスに対しては、アンケート等において、的確、迅速、親切、満足などのコメントが多数寄せられた。
- 複数の計算資源への応募を一括して実施する申請支援システムでは、第 2 希望申請の仕組みを設けることにより、第一候補の「京」が選定されなかった利用課題についても、他の HPCI 資源の利用研究課題に応募できる等、HPCI システム全体の利用の活性化・効率化を実現している。
- HPCI の構築前では、先行して HPC に取り組んでいた少数の企業のみが大規模計算を実施し、成果を得ていた。HPCI の構築後は、HPC の経験が浅い企業への手厚い利用前相談と利用支援を実施した。その結果、共用開始年度(平成 24 年度)の産業利用課題数は 31 課題、参画企業数 68 社、企業利用者 178 名であったが、令和 2 年 5 月 1 日時点の累積でそれぞれ 374 課題、230 社、3,200 名となり、産業利用の裾野が大幅に拡大した。
- アプリケーションソフトウェアの利用環境整備において、4本の OSS を「京」と名大・FX100 に、ポスト「京」重点課題で開発された 11 本のアプリソフトを HPCI システム構成機関の 10 の計算機システムにその利用環境を整備してきた。HPCI システム構成機関の協力を得て、それらのアプリソフトの利用実績を調査しているところであるが、令和 2

年3月末現在で86名(アプリ毎のユニークユーザ数の合計、HPCI以外の利用者も含む)の利用が確認されている。このことは、アプリケーションソフトウェア利用環境整備が、HPCIの利用者拡大や裾野拡大につながる可能性のあることを示すものであり、さらには国プロアプリの普及・利活用の促進に貢献するものである。

- 平成29年度以降、80件(平成24年度からでは217件)の高度化支援した。性能の改善を目的とする支援において、平均約3.1倍の高速化を達成した。この結果から、HPCI利用者の拡大や計算資源の効率的利用、さらには成果の早期創出に貢献できたと考えている。
- 講習会やワークショップ等の開催については、平成29年度以降、高度情報科学技術研究機構と計算科学振興財団合計で189回開催し、2020名の参加を得た(平成24年度以降では387回開催し、4523名が参加、内産業界からの参加は1,977名で、約44%を占める)。年平均で約670名が参加し、前の5年間に比べ170名以上増加している。利用者のニーズや要望を受け、新たなワークショップや講習会での講座を設けながら開催することにより、多くの参加者から評価を得ている。講習会等の開催により、受講者のスキルアップを通じて我が国の計算科学技術を担う人材の育成やHPCIの利用促進に貢献した。これら開催した講習会等の中には、理化学研究所、ポスト「京」重点課題・萌芽的課題、HPCIシステム構成機関、スーパーコンピューティング技術産業応用協議会とも連携して開催したのも多数あり、これらによりコミュニティーを繋ぐネットワークが形成され、さらに全国的に展開されるようになったことは極めて重要である。
- 高度情報科学技術研究機構が運営しているHPCIポータルサイトには、HPCI利用研究課題の選定や利用支援に関わる様々な情報に加え、HPCIシステム構成機関が提供する計算資源の情報等が集約・配信されており、利用者の利便性向上に貢献してきた。その結果、HPCI計算資源への課題申請が増加し、利用者は延べ4,200人以上に上っている。また、同ポータルサイトには、利用研究課題の成果を収録した利用報告書の公開や発表された成果のデータベース化とその公開、定期的な刊行物(京算百景、成果事例集)なども公開し、HPCI利用研究課題の成果の普及にも努めてきた。利用報告書のダウンロードは13万件に上り、中には一般国民から注目されたものもある。なお、HPCIポータルサイトの運営に当たっては、常に利用者目線から利便性の向上が図られている。
- 平成24年度以降、HPCIの利用を通じて得られた成果の発表件数の推移を表に表(1)⑤-1示す。「京」以外のHPCI一般利用では査読付き論文は608件(被引用数276の論文もあり)、「京」を含めた累計1,892件:ユニーク数\*)、国際会議・シンポジウムでの発表367件、国内会議・シンポジウムでの発表263件、特許出願5件と確実な成果を創出し、我が国の科学の進展及び産業競争力の強化に貢献。(\*「京」と「京」以外のHPCIを同時に利用した課題の論文を重複してカウントしていない)

表(1)⑤-1: 成果発表件数の推移

成果発表年度	「京」一般利用				「京」以外のHPCI一般利用				HPCI戦略プログラム及び ポスト「京」研究開発 重点/萌芽的課題			
	査読付き論文	国際会議・ シンポジウム	国内学会・ シンポジウム	特許出願	査読付き論文	国際会議・ シンポジウム	国内学会・ シンポジウム	特許出願	査読付き論文	国際会議・ シンポジウム	国内学会・ シンポジウム	特許出願
平成24年度	9	59	68	0	12	38	27	1	2	188	172	3
平成25年度	38	76	70	3	34	59	41	0	96	216	250	5
平成26年度	61	61	79	1	76	79	50	2	104	239	212	2
平成27年度	80	86	70	2	89	69	44	2	168	258	264	2
平成28年度	97	97	72	2	95	32	30	0	177	169	219	0
平成29年度	124	93	78	2	124	19	25	0	243	171	239	0
平成30年度	118	85	38	0	103	35	18	0	189	216	170	0
令和元年度	77	31	24	0	75	36	28	0	134	74	86	0
令和2年度 (R2.5.1時点)	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
合計	605	588	499	10	608	367	263	5	1,116	1,531	1,612	12
	1,702				1,243				4,271			

注:

○利用課題種間での一部重複(複数の利用課題による成果)あり

○登録件数は令和2年5月1日時点。特に直近数年は登録遅れ等により今後大きく増える見込み。

- SPring-8、J-PARC/MLF 等の大型実験施設と「京」をはじめとするスーパーコンピュータとの連携利用は、数値シミュレーション手法と実験的手法の特性を相互に補い合う形での研究成果の創出につながることが期待される。このため、他の登録施設利用促進機関(JASRI (SPring-8)、CROSS (J-PARC/MLF))や関連する戦略プログラムとの連携を強化し、連携利用シンポジウムを共同開催する等、実験と計算科学の連携を進めた結果、大型実験施設との連携利用課題の応募数は、平成26年度から令和2年度までの累計で117件となるなど、裾野が拡大した。一般に実験研究者がHPCを活用したシミュレーション解析までを行うことは困難となっている。このため、実験と計算科学の研究者間の交流の場を設け、異分野の研究者間の協働の機会を提供していくことが、計算科学の裾野の拡大と高度化にとって極めて重要となっている。

表(1)⑤-2: 大型実験施設と連携して応募した課題数の推移

年度	連携利用応募課題数	うち「京」以外のHPC 課題
H26	10	2
H27	17	6
H28	12	3
H29	28 *	12
H30	24 *	8
H31/R1	15	11
R2	11	11
計	117	53

\* H29、H30は「京」のB期募集課題を含む。

- 高度情報科学技術研究機構、米国のXSEDE、欧州のPRACEの間で平成29年度に締結した、スーパーコンピュータの共用促進に係る情報交換に関するMOUを令和元年度に更新した。また、この3機関の連携による利用者支援プロジェクトを令和元年度に開始し、“Joint Call”(共同募集)として課題を募集した。
- 2020年1月に欧米の主要なスパコン機関における「課題選定の枠組み」及び「産業利用推進への取組」について、30機関のWebサイト情報の分析及び現地訪問等によ

る 8 機関へのヒアリングにより調査を行った。各機関の取組について、特徴や共通点をまとめ、HPCI 計画推進委員会をはじめ、各種委員会や WG、計算科学コミュニティ等と情報共有し、議論することで、今後の HPCI の運営検討に大きく貢献した。特に欧米各機関の詳細な運用状況、資源配分状況、有償利用の実態、利用者のコスト負担に対する考え方、産業利用推進に対する考え方は貴重な情報となった。

- HPCI を活用した国際交流を推進・継続するために、NSCC(シンガポール国立スーパーコンピューティングセンター) との間で平成 28 年に締結した MOU を令和元年に更新した。NSSC と HPCI の推進についての意見交換を継続し、NSSC が主催する講習会への高度情報科学技術研究機構からの講師の派遣など、幅広い活動の議論がなされた。これらは、HPCI の国際的利用者の裾野拡大の一つの道筋として期待される。
- HPCI の運営における多種多様な取り組みはひとつの運用機関だけではカバーできない。本事業ではそれぞれの役割に優位性を持つ 5 つの機関が連携して事業を実施したことで、合理的な運営が可能となった。こうした利用者視点の取り組みは国内外で類似のものがいないため比較は困難であるが、最低限の投資で上述してきたような多様な成果を創出しており、我が国の計算科学技術の振興に多方面で大きく貢献できたと考えられる。

## (2)事業実施体制について

平成 29 年度より、文部科学省の公募により高度情報科学技術研究機構が HPCI の運営委託事業の代表機関に指名され、事業の一部は代表機関以外の分担機関（理化学研究所、東京大学、国立情報学研究所、計算科学振興財団、令和2年度からは筑波大学にも再委託）に再委託して運営することになった。高度情報科学技術研究機構は、代表機関と全ての分担機関が密接かつ一体的に連携して HPCI の円滑な運営を統一的に実現するため、HPCI 連携推進協議会を設置した。この HPCI 連携推進協議会において、「HPCI の運営」における再委託事業に関する総合調整を行うとともに、いくつかの分担機関に跨がる課題については、利用者に影響が出ないよう必要な対応を連携して行い、円滑な HPCI の運営を図った。

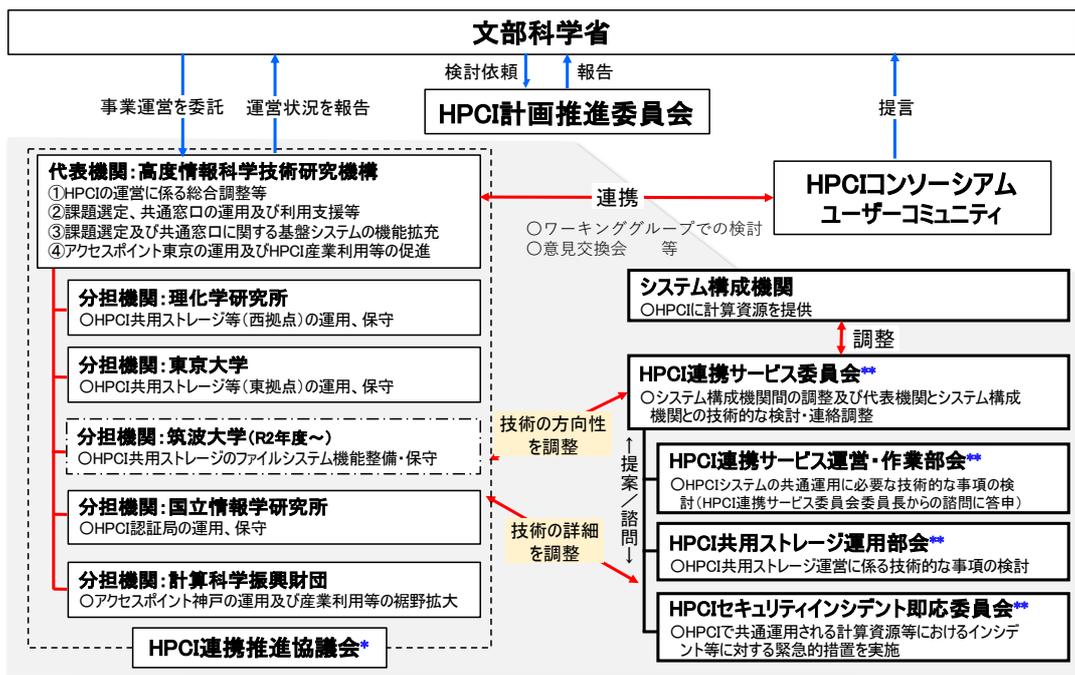
また、HPCI システム構成機関等が参加する HPCI 連携サービス委員会及びその下の二つの部会と一つの委員会を代表機関の基に再組織化し、システム構成機関間の調整を行うとともに、代表機関とシステム構成機関とが協力して技術的な検討と調整を行った。また、代表機関及び分担機関と「HPCI の運営」における技術の方向性とその詳細を調整した。

HPCI の計算科学技術関連のユーザコミュニティの代表組織である HPCI コンソーシアムと連携してワーキンググループの設置・運営し、コミュニティの意見収集及びその集約に向けた調査検討を実施して、報告書を取りまとめた。報告書は文科省の HPCI 計画推進委員会に提言として提出された。また、今後の運営の在り方に関する調査検討を通してコミュニティの意見を反映し、効率的・効果的な「HPCI の運営」の実現を図った。

さらに、HPCI 計画推進委員会からの要請により、各種の資料を提出・説明することにより、同委員会での審議を支援した。

なお、「京」の利用促進業務の実施登録機関として行う業務の資源等も可能な限り活用して HPCI 全体の課題選定、利用支援、成果の公開・普及を一体的に遂行することが容易となり、業務の効率化に有効であった。

図(2)-1:「HPCI の運営」の実施体制



H29年度：代表機関に\*新設あるいは\*\*再組織化して、代表機関と分担機関及びシステム構成機関が一体となってHPCIの運営業務を実施。

### (3) 成果の利活用について

HPCI の利用における成果を分かりやすく、広く公表するため、以下の工夫を行っている。

#### ① HPCI 利用報告書の公開

- HPCI 利用研究課題実施終了後 60 日以内に成果概要(利用報告書)の提出を課題代表者に求めている。
  - 知財権を獲得する課題については、利用報告書の公開を 2 年間延期する制度を設け、技術成果の早期権利化を促進している。
  - 利用報告書の公開を迅速且つ的確に行うため、オンライン投稿システムを採用するとともに(平成 26 年 5 月から運用開始)、高度情報科学技術研究機構神戸センターの利用支援者を主体とした閲読体制を取ることで、わかりやすい利用報告書の公開に努めている。
  - HPCI ポータルでの利用報告書の公開では課題枠別の一覧表示に加えて、利用分野から検索できる機能を有している。また、利用報告書をデータベース化し、課題代表者名や利用計算資源、利用ソフトウェア等からの検索機能を有している。さらに、利用報告書ダウンロード数トップ 20(過去 30 日間及び 90 日間の異なる 2 期間)を毎週自動更新しながら掲載するなど、成果の普及・活用のために利便性の高い閲読環境を提供している。
  - 分野からの検索機能では各課題の要約(図入り)がサムネイル表示されており、これをクリックすると拡大表示される。これにより各課題の結果の概要を直ちに把握することが出来る。また、課題毎に HPCI 成果発表データベース(下記②)へのリンク機能も有している。
  - このような利用報告書の公開に係る各種機能は、欧米の HPC において例を見ることはない。
  - HPCI 利用研究課題の利用報告書は順次公開している。令和 2 年 5 月時点で 1,283 課題(うち、「京」以外の HPCI 利用は 407 課題)の利用報告書を公開している。
  - 国外の読者にも HPCI 利用研究成果を周知するために、英語版の要約も公開している。国外からの利用報告書ダウンロードは 76 の国又は地域に亘り、ダウンロード数の割合は全体の約 13%を占めている。<sup>\*</sup>
- <sup>\*</sup> 「京」を中核とする HPCI 利用研究成果の普及状況 -利用報告書ダウンロード分析- 情報処理, 60(12), 1212-1219(2019-11-15)

#### ② HPCI 成果発表データベースの公開

- HPCI 利用研究課題に係るあらゆる成果発表情報を一元的にまとめた HPCI 成果発表データベースの運用を行っている。(平成 25 年 5 月から運用開始)
- 論文(査読付き/査読なし)、国際/国内会議・シンポジウム、研究会等、一般向講演会・セミナー等、新聞・TV・Web 配信・雑誌・広報誌等、書籍、プログラム・データベース公開に加え、特許出願・取得、受賞の実績の登録が随時出来るようになっている。
- 利用者の視点に立ち、HPCI 共用計算資源を用いた成果のみならず、準備研究などそれ以外の計算機資源を用いた成果や理論研究など、計算機を使用しない成果の発表情報も網羅的に登録できる。
- HPCI 共用計算機資源を用いた成果とそれ以外の計算機資源や計算機を用いない

成果を峻別出来る充実した検索機能を有している。

- 平成 24 年 4 月～令和 2 年 5 月までのすべての成果発表登録情報として 12,500 件（内査読付き論文数 3,178）、内「京」を含む HPCI 計算機資源を利用した成果発表件数として 8,546 件（内査読付き論文数 1,971）、内「京」以外の HPCI 計算機資源を利用した成果発表件数として 1,996 件（内査読付き論文数 733）が登録されている。
- このような HPC に係る一元的な成果発表データベースは米国の XSEDE に例が見られるが、成果発表情報は論文や会議発表に限られている。
- 受賞実績のデータも収集のうえ、令和 2 年 5 月時点で 197 件の各種受賞情報を Web 公開している。

### ③ HPCI 利用研究成果集の発行

- HPCI 利用研究成果集とは高度情報科学技術研究機構発行の査読付き電子ジャーナルである。
- 本利用研究成果集では挑戦的な計算やその他の理由で計算が不成功に終わった場合や期待通りの結果が得られなかった場合でも、その内容を詳細に記述することにより論文発表を行うことが出来る。
- 投稿、査読、受理までの一連の処理を迅速且つ的確に行うため、オンライン投稿システムを採用している。
- 投稿された原稿の審査（査読）は課題審査委員会のもとに設置される HPCI 利用研究成果集編集局によって行われる。査読者（2 名）は課題審査のレビュアーの中から選ばれる。
- HPCI システム利用課題から 71 件の論文が投稿され、60 報（うち、「京」以外の HPCI 課題に係る論文 22 報）が公開中である（11 件は現在査読中又は公開準備中）。

### ④ 成果報告会の開催

- HPCI 利用研究課題実施により生み出された研究成果の発表や、HPCI に関わるトピックスの発信、研究者間の情報交換、異分野の交流を促進し、研究成果の普及を図る場として成果報告会を開催した。
- 第 4 回には、HPCI コンソーシアムと合同で国際シンポジウムを開催した。
- 第 5 回、第 6 回には、成果報告会と同時に HPCI コンソーシアム、理化学研究所計算科学研究センターと、HPCI コンソーシアムシンポジウムを共催した。
- 前年度に実施した HPCI 利用研究課題の中から、特に顕著な成果を達成した課題として成果報告会プログラム委員会により優秀成果賞課題を選出し、口頭発表の機会と表彰を行った。
- 報告会等の開催状況は以下の通り。

表(3)④-1: 成果報告会等の参加者数、口答発表件数、ポスター発表件数の推移

	開催日	参加者数	口頭発表件数	ポスター発表件数
第 1 回中間報告会	H25.3.14-15	332	33	67

第 2 回中間報告会	H25.10.2-3	337	29	98
第 1 回成果報告会	H26.10.31	313	15	124
第 2 回成果報告会	H27.10.26	269	13	137
第 3 回成果報告会	H28.10.21	272	8	130
第 4 回成果報告会	H29.11.2	310	8	138
第 5 回成果報告会	H30.11.2	306	8	155
第 6 回成果報告会	R1.11.1	281	8	122

#### ⑤ 国際会議における発表等

- 高度情報科学技術研究機構では、シンガポール NSCC との MOU 締結に基づき、先方が主催する、アジア地区スパコン国際会議において、定例的に日本の HPCI の紹介・公募勧誘に関する講演を行なっている。また、高度情報科学技術研究機構では、毎年、米国で開催される SC (Supercomputing Conference) や欧州で開催される ISC (International Supercomputing Conference) において、HPCI に関するポスター展示 (理化学研究所と共同で行う展示を含む) を行って HPCI の紹介・公募に関する情報を発信し、HPCI の国際的な知名度の向上を図ってきた。

#### ⑥ 事例集・パンフレット等の発行

- HPCI における成果や利用についての情報発信、それを通じた幅広い国民の理解の増進のためには、「京」の共用の促進に関する事業と連携して広報誌「京算百景」、成果事例集を発行した。
- HPCI システム構成機関の情報提供や高度情報科学技術研究機構の取組みを紹介するパンフレットを作成し、展示会や講習会において参加者に配布するとともに、関係機関に配布した。
- HPCI 産業利用の普及啓発及び利用者の拡大に向け、産業利用促進パンフレット「はじめての HPCI」を、展示会や講習会において参加者に配布するとともに、関係機関に配布した。
- 計算科学振興財団においても、各種事例集、パンフレット等を作成し、展示会や講習会において参加者に配布するとともに、関係機関に配布した。
- 高度情報科学技術研究機構(RIST)における主な刊行物と発行部数は以下の通り。

表(3)⑥-1: 高度情報科学技術研究機構が発行する主な刊行物と発行部数

刊行物	部数
技術情報誌「京算百景」第 1 巻～第 29 巻	各 2,000 部程度
成果事例集第 1 号～第 6 号(日/英)	累計 24,300 部
成果事例集 7(日)	2,000 部
RIST の取組みに関するパンフレット(日/英)	累計 4,000 部
産業利用推進パンフレット	累計 15,020 部
Introduction to HPCI	累計 850 部
はじめての HPCI 第 1 号～第 4 号	累計 10,500 部

- 計算科学振興財団における主な刊行物と発行部数は以下の通り。

表(3)⑥-2: 計算科学振興財団発行する主な刊行物と発行部数

刊行物	部数	
	H24～28年度	H29～31年度
事例集	計 33,000 部	計 12,000 部
「京」の産業利用を促進 財団パンフレット	計 12,000 部	計 4,000 部
HPCI アクセスポイント神戸 利用促進チラシ	計 5,950 部	計 500 部
HPCI アクセスポイント神戸 案内パンフレット	計 4,400 部	計 800 部
HPCI アクセスポイント神戸 利用手引き	計 1,100 部	—

⑦ 一般国民の理解の増進

- HPCI の運用においても一般社会による理解の増進と支持・支援が不可欠であり、成果の発信や普及のための活動を継続してきた。平成 29 年度から令和元年度においては、「京」を含む HPCI の活動を広く周知するため 20 件（「京」を除く HPCI: 12 件）のプレスリリースを行い、また、「京」を含む HPCI を利用した成果はマスメディア等に 62 件（「京」を除く HPCI: 10 件）取り上げられ、国民の計算科学技術に対する理解増進にもつながった。

## 4. その他

### (1) 自己点検結果のまとめ

高度情報科学技術研究機構は「HPCI の運営」の代表機関として、理化学研究所、国立情報学研究所、東京大学及び計算科学技術振興財団にその一部の業務を再委託し、HPCI 連携推進協議会や HPCI 連携サービス委員会等を運営して再委託機関及び HPCI システム構成機関と調整を図るとともに、HPCI コンソーシアムと密に連携して計算科学コミュニティの意見を取り入れ、「HPCI の運営」を一体的に取りまとめ、円滑に実施した。「HPCI の運営」の下に全関係機関が協調し、利用者の側に立った HPCI 利用環境の構築・改善など、それぞれの役割を継続的に果たすことによって HPCI を運用してきた。

「京」の共用終了を見据え、「京」の共用終了からその後継機の運用が開始されるまでの移行期間における計算資源の不足という問題を、計算科学コミュニティ、HPCI コンソーシアム、HPCI システム構成機関及び国と共有し、対応を検討するとともに、計算資源の補填策を具体化した。その結果、「京」の共用終了においても計算科学コミュニティの研究活動が概ね維持できたことは、「HPCI の運営」の大きな成果である。

本事業の目的に対する成果を以下にまとめる。

1. HPCI コンソーシアムと連携して調査検討を行い、HPCI の効率的・効果的な運用を継続するとともに、「今後の HPCI システムの構築とその利用に関する基本的な考え方について」を取りまとめた。
2. システムの機能強化を実施して安全・安定なシステムを運用し、HPCI の基盤としての役割を果たした。また、基盤システムを運用し、円滑で効率的な課題選定、共通窓口の運用を行った。
3. アクセスポイントの運用、各種の利用支援による HPCI の利用促進により、以下のように HPCI 利用者の増大、利用の拡大が着実に進んだ。
  - ・ 課題選定における改善・工夫により、HPCI の利用者数が令和 2 年 3 月末時点で延べ 13,600 人、うち産業利用における企業関係者は 3,200 人と着実に増加。
  - ・ 平成 29 年度以降、講習会等を広く開催（合計 189 回開催）し、延べ 2,020 人が参加。これにより、我が国の計算科学技術を担う人材の育成と産業利用促進に貢献。
  - ・ 技術支援は、HPCI 利用者の拡大や計算資源の効率的利用、成果の早期創出、さらには国プロアプリの普及・利活用の促進に貢献。
  - ・ 平成 24 年度以降、「京」以外の HPCI の一般利用による査読付き論文は 608 件（「京」を含めた累計 1,892 件）、国際会議・シンポジウムでの発表 367 件、国内会議・シンポジウムでの発表 263 件、特許出願 5 件と確実な成果を創出。
4. 多様な手段により成果の発信により、成果の利活用と共に、幅広い一般国民の計算科学技術研究に対する理解の増進に寄与。

以上から、「HPCI の運営」は、多様なアーキテクチャを活かした HPCI の裾野の拡大、産業界を含めた HPCI の利用の促進に繋がり、その結果として、多くの学術的成果や産業利用による成果を産み出し、コミュニティ全体にとってメリットがあるばかりでなく、我が国の学術の発展、産業競争力の強化、人材育成に貢献した。このことは、「HPCI の運営」の重要性・必要性を示すものである。

## (2) 今後の課題と展望

スーパーコンピュータによるシミュレーションは、理論、実験と並ぶ科学技術における第3の基礎的手法として国際的にその利活用が推進され、我が国としても激しい国際競争に勝ち抜いていくための継続的な努力が必要である。そのためにも以下の項目に留意し、利用者の側に立ってHPCIの仕組みを改善するとともに、より効率的・効率的な運営を図りつつ、一層の利用促進を目指して「HPCIの運営」を継続していくことが重要である。

- 利用者ニーズにきめ細かく対応するHPCIの運営面の継続的改善
- 国内外の技術動向に臨機に対応するHPCIの基盤システムの技術面の改善
- 多様な利用者ニーズに応え得る共通基盤としての計算資源や通信ネットワーク、共用ストレージ等の機器更新や機能拡充
- 国民生活の質向上や国際競争力強化に資する成果の創出をサポートする利用支援や技術支援の継続的な実施、また、それを担う人材の確保と人材自身の能力向上
- 産業界でのHPC利用者の一層の拡大に向けた新たな方策の検討・実施
- 我が国の計算科学技術を担う人材の育成に資する活動の継続的な実施
- 一般国民の理解の増進のための新たな方策の実施

多様なアーキテクチャの計算機システムを有し、幅広い利用ニーズに応えることができるHPCIの果たす役割はますます重要となる。再委託機関やHPCI構成機関との連携を一層密にしつつ、HPCI計画推進委員会に報告された「今後のHPCIシステムの構築とその利用に関する基本的な考え方について」で示された様々な角度からの提言を具体化するための検討を早急に進める必要がある。