

次世代計算基盤を見据えたソフトウェア環境整備と
それを担う人材の育成に関する提言

令和 8 年 6 月 日

一般社団法人 HPCI コンソーシアム

目次

1. はじめに	3
2. 次世代計算基盤を取り巻く環境変化	6
2.1 富岳 NEXT の開発進捗と技術的特徴	6
2.2 国際的な HPC と AI の動向	7
2.3 国内ユーザコミュニティの現状と課題	8
3. 2025 年度提言の実施状況	11
3.1 次世代 HPC・AI 開発支援拠点形成事業	11
3.2 HPCI 整備計画調査研究事業	12
3.3 ユーザコミュニティからのフィードバック	14
4. 人材・アプリケーション開発支援に関する提言	15
4.1 アンケート結果から見える課題の詳細分析	15
4.2 GPU プログラミング人材育成の具体的アクションプラン	18
4.3 アプリケーション移行支援の具体的施策	23
4.4 次世代 HPC・AI 開発支援拠点(HAIRDESC)との連携強化	27
4.5 年次目標とマイルストーン	29
5. システム・運用に関する提言	31
5.1 富岳 NEXT への円滑な移行計画	32
5.2 端境期におけるユーザ支援体制	33
5.3 HPCI システム間のシームレス連携	35
5.4 セキュリティとデータ基盤の整備	37
6. コミュニティ形成と分野拡大に関する提言	38
6.1 分野横断型コミュニティの構築	39
6.2 AI・データサイエンス分野との融合促進	40
6.3 産業界との連携強化	41
6.4 量子コンピューティングとの連携	43
6.5 アプリケーション利用者層の拡大に資する取り組み	45

7. 実行体制と評価フレームワーク	45
7.1 推進体制と役割分担	46
7.2 PDCA サイクルの確立	47
7.3 KPI と評価指標	48
7.4 フォローアップ体制	49
8. あとがき	50
9. 附録	50
HPCI システムの今後の運営の在り方に関する調査検討ワーキンググループ委員リスト	51
検討の記録	51

1. はじめに

我が国における HPCI (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) は、世界トップクラスのスーパーコンピュータ (以下、スパコン) であるフラッグシップ計算機を核とし、大学情報基盤センター等が運用するスパコンや大規模共用ストレージを高速ネットワークで接続して、全ての計算資源へのシングルサインオン可能な共用計算環境インフラであり、平成 24 年(2012 年)9 月の運用開始以来、卓越した成果の創出を通じて、我が国の計算科学・計算機科学の振興と発展に貢献してきた。

HPCI の中心的な存在であるフラッグシップ計算機としては、初代「京」の後を受け、二代目である「富岳」の共用が令和 3 年(2021 年)3 月に開始され、成果創出加速プログラムや政策対応利用課題、Society 5.0 推進利用課題をはじめとした戦略的な活用の成果として、コロナ対策の飛沫シミュレーションや豪雨防災のための数値気象予測の高度化、創薬 DX プラットフォームの構築、国産大規模言語モデル(以下、LLM)の構築などの成果が創出されている。さらに、公募による一般・若手課題や産業課題でも様々な成果が創出されている。

HPCI を取り巻く我が国の状況としては、第 6 期科学技術・イノベーション基本計画が策定され、国が推進する長期的な科学技術政策として Society 5.0 の実現、持続可能な社会への変革、研究力強化、教育・人材育成などが謳われており、これらの事業に対して「富岳」を中心とした HPCI を活用した計算科学が非常に重要な役割を担うことが期待されている。文部科学省次世代計算基盤検討部会の中間取りまとめ(令和 3 年(2021 年)8 月 27 日)では、ポスト「富岳」時代においては、次期フラッグシップシステム及び大学情報基盤センター等が運用するスパコン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とされている。

上記の中間取りまとめを受けて、文部科学省において「次世代計算基盤に係る調査研究」(以下ではフィージビリティ・スタディの略称で FS)が令和 4 年度(2022 年度)から開始された。この調査研究は、ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤の具体的な性能・機能等について、計算科学ロードマップを踏まえつつ、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ためのものである。フラッグシップシステムのアーキテクチャ、システムソフトウェア・ライブラリ、アプリケーションを検討する 2 つのシステム調査研究チーム(以下ではシステム FS)、量子コンピューティング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新計算原理調査研究チーム(以下では新計算原理 FS)、多様なシステムが有機的に結合した持続可能な次世代計算基盤の実現に向けた運用関連技術を調査する運用技術調査研究チーム(以下では運用技術 FS)で構成されている。

近年、生成 AI に係る技術革新などにより、研究開発に必要な計算資源の需要が急拡大するとともに、AI とシミュレーション、さらには自動実験やリアルタイムデータを組み合わせて科学研究分野で活用する AI for Science の重要性が指摘されるなど、求められる計算資源がこれまで以上に多様化している。このため、システムとアプリケーションの協調設計が今後ますます重要になり、そ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。計算科学ロードマップは、将来計算科学が解決すべき社会的課題・期待される科学的ブレークスルーと、そのために必要となる計算機システム性能等を数年ごとにまとめたものであり、最新版が令和 5 年(2023 年)12 月に公開されており、さらに、各分野での AI for Science への取り組みに関する内容を加えたものが令和 6 年(2024 年)6 月に公開されている。令和 7 年度補正予算では「AI for Science による科学研究革新プログラム」に 370 億円が計上されており、JST を通じてプロジェクト型で 320 億円、チャレンジ型で 50 億円が配分される。また、これとは別に「AI for Science に不可欠な計算基盤の環境整備」に 76 億円が計上されており、HPCI 共用計算資源が増強される予定である。これは HPCI にとって AI ユーザを拡大する上で強い追い風となっている。

他方、令和 4 年(2022 年)から稼働を開始した米国の Frontier やフィンランドの LUMI、令和 5 年(2023 年)から稼働を開始した米国の Aurora やイタリアの Leonardo、令和 6 年(2024 年)から稼働を開始した米国の El Capitan やスイスの Alps やイタリアの HPC6、令和 7 年(2025 年)から稼働を開始したドイツの Jupiter など、Top500 スパコンランキングの上位に名を連ねる米国、欧州のスーパーコンピュータにおいては、CPU に加えて GPU などの加速部(アクセラレータ)を有し、計算の一部を加速部で処理することで高速化を図ることが主流となっている。我が国において

も、次期フラッグシップであるポスト「富岳」に加速部が導入される予定であり、基盤センターのシステムの多くは既に加速部を導入している。ただし、加速部を導入したシステムにおいては、そのユーザビリティが大きな課題となる。

HPCI コンソーシアムは、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活動することを理念とし、その実現に向けて、計算科学技術に関わるコミュニティの幅広い意見を集約し、国への提言を行なってきた。本提言は、HPCI システムの今後の運営の在り方に関する調査検討ワーキング・グループ(以下、WG)において、次世代計算基盤運用技術調査研究チームの研究代表や「富岳」運用技術チームの代表など、2024 年度ヒアリング対象者となった方々や計算科学ロードマップの代表などを WG 委員として迎え、HPCI のユーザや HPCI システム構成機関(以下、システム構成機関)の意見を踏まえて、将来、次世代計算基盤を利用することになるユーザ、ならびにシステム構成機関としての立場として、ユーザビリティ向上のためにどのようなことが次期フラッグシップを含む次世代計算基盤の整備・運用の上で求められるかについての議論と提言をまとめたものである。

2025 年度提言では「次世代計算基盤のユーザビリティ向上」が大きなテーマであった。その中で従来型 HPC ユーザ向け施策(アプリケーションの移植性・継続性の確保、利用者とシステム開発者の協調＝コデザインの充実)や、新規ユーザ層への対応(AI・データサイエンスとの連携、量子コンピュータとのハイブリッド、産業利用の拡大)について提案がなされている。本提言書ではこれらの提案を引き継ぎつつ、「いつまでに何を実行すべきか」を年次計画として具体化することに主眼を置く。具体的には、2025 年度提言で強調された以下のポイントを実行計画として深化させている。

- **ユーザビリティ向上策の具体化**: HPC 従来ユーザに対するコード移植支援、ソフトウェアエコシステム整備、新規ユーザ獲得のための AI・データサイエンス支援、量子計算との連携環境整備等を具体的なプロジェクト・施策として列挙し、実施主体とスケジュールを示す。
- **人材育成とキャリアパス**: 次期フラッグシップ計算機(富岳 NEXT)の開発期における技術者育成と、運用開始後の人材活用・キャリアパス構築について、段階的な育成プログラムや制度設計の案を提示する。
- **計算科学・計算機科学分野の振興**: シミュレーション分野のみならず、AI・データサイエンス、量子コンピューティング、大規模実験・観測データ、IoT 活用、産業応用といった幅広い分野で HPC を活用するためのコミュニティづくりと支援策を提言する。
- **年次目標の設定**: 提言された施策について、2030 年の次期フラッグシップ稼働を見据えたロードマップ(年度ごとの達成目標)を策定する。

本提言は 2025 年度提言のこれらの理念を継承しつつ、「実行に移す提言」として具体性と実効性を高めた内容となっている。これは、単なる理念や構想の提示に留まらず、実現に向けた詳細なアクション、担当組織、スケジュール、成果指標を明確化し、提言を「実行」に移すための羅針盤となることを目指す。

2. 次世代計算基盤を取り巻く環境変化

2.1 富岳 NEXT の開発進捗と技術的特徴

日本の次期フラッグシップスーパーコンピュータ「富岳 NEXT」の開発は、理化学研究所(理研)を開発主体として 2025 年より本格始動した。本節では、2025 年 8 月の開発体制正式始動時点で明らかになっている富岳 NEXT の特徴と進捗を整理する。

- **初の GPU 採用と国際連携**: 富岳 NEXT は、日本の国産フラッグシップ機として初めて GPU を加速部(アクセラレータ)として採用するシステムであり、GPU 基盤の設計を NVIDIA 社が主導する。CPU については富士通株式会社が Arm ベースの新型プロセッサ(開発コード「MONAKA」シリーズ)を開発・提供し、理研がシステム全体の設計とソフトウェア・アルゴリズム統合を統括する三者連携体制が敷かれている。このように、「Made in Japan」ではなく「Made with Japan」を掲げ、国内技術力と国際的な知見を結集して共同設計する点が富岳 NEXT 計画の大きな特徴である。
- **性能目標:シミュレーション 100 倍・AI ゼッタスケール**: 富岳 NEXT の性能目標は極めて野心的であり、「富岳」比でアプリケーション実行性能を最大 100 倍に高めることが掲げられている。特に AI 関連の計算性能については、FP8 など低精度演算で 600 エクサ FLOPS(エクサ= 10^{18})超を目指し、AI 処理でのピーク性能で世界初のゼッタスケール(10^{21} オーダー)達成を視野に入れている。これは「富岳」の AI 性能を飛躍的に強化するもので、次世代の AI-HPC 融合プラットフォームとして世界最高水準を狙う計画である。
- **革新的アーキテクチャ**: 富士通が開発する次世代 CPU「MONAKA-X」は Armv9 アーキテクチャをベースに最大 144 コア規模、2nm プロセス技術による高トランジスタ密度・省電力設計で、SVE2 命令拡張などをサポートするとされる。この CPU と NVIDIA GPU は高帯域幅で密結合され、ヘテロジニアスな計算ノードを構成する。ハードウェアだけでなくアルゴリズムやアプリケーション最適化も組み合わせ、ソフト・ハード一体で 100 倍性能向上を達成する戦略が取られる。電力消費についても「富岳」と同等(約 40MW)の制約下で目標性能を実現すべく、CPU/GPU の省電力技術革新や運用面での効率化を図るとしている。
- **AI for Science の中核**: 富岳 NEXT はコンセプトの中核に「AI for Science」を据えており、シミュレーションと AI の融合によって科学的発見の加速を目指す。大規模言語モデルによる材料設計支援や、シミュレーション+AI による創薬など、科学

技術への AI 活用を HPC プラットフォーム上で展開する計画である。混合精度計算の活用やサロゲートモデル導入により、デジタルツイン等の分野で高精度・高速な予測が可能となり、社会課題の解決に貢献することが期待されている。

- **開発スケジュール**: 2025 年度内に基本設計を完了し、2026 年度以降は詳細設計・試作・実証フェーズに移行、2030 年頃の本格稼働を目指すロードマップが示されている。初期運用時には現行「富岳」からの円滑な移行を図るため、既存アプリケーションの GPU 対応やソフト資産の活用を強力に支援する方針が打ち出されており(第 5 章参照)、運用開始直後から研究開発が滞りなく継続できる環境整備が進められている。

2.2 國際的な HPC と AI の動向

次世代計算基盤の議論にあたり、国際的な HPC(高性能計算)および AI 分野の動向を把握することは不可欠である。2025 年現在、世界ではエクサスケール(Exascale, 10^{18} FLOPS)級のスーパーコンピュータが実現段階に入り、主要各国で HPC と AI の融合が加速している。

- **エクサスケール時代の到来**: 2023~2025 年にかけて、米国エネルギー省(DOE)の国立研究所において 3 台のエクサスケール級スパコン(Frontier、Aurora、El Capitan)が次々と稼働し、世界の TOP500 ランキング上位を占めている。加えて 2025 年 11 月には、ドイツ Julich 研究所の JUPITER Booster システムが HPL ベンチマークで 1 エクサ FLOPS を記録し、欧州初のエクサスケール達成を報告した。これにより公式にエクサスケールを超えるシステムは世界に 4 台(米国 3 台・欧州 1 台)となった。各国・地域は今後もエクサ級システムの増設や、さらなるポストエクサ(ゼッタスケール)への研究開発投資を拡大している。
- **HPC と AI の融合**: 近年の HPC システムは単に科学技術計算(シミュレーション)のみならず、AI ワークロードを統合して処理できるよう設計されつつある。実際、TOP500 に併設される HPL-MxP(混合精度ベンチマーク)では、米国 El Capitan が 16.7 エクサ FLOPS という極めて高い値を記録し、AI・データ駆動型計算に対する汎用性を示した。GPU ベースの HPC インフラが普及したことで、大規模言語モデルの学習や生成 AI の推論をスーパーコンピュータ上で行うケースも増えており、「AI for Science」や「AI と HPC 融合」が世界的なトレンドとなっている。各国の最先端システムでも AI 処理性能が重要視されており、富岳 NEXT もこの潮流の中で AI と従来型シミュレーションの両立を図る計画である。
- **アーキテクチャの多様化と協調**: 国際的には HPC システムのアーキテクチャが多様化している点も注目される。米国の現行エクサ級マシンは AMD 製 CPU+GPU、インターネットには HPE の Slingshot ネットワークを採用し、省電力

性能では JUPITER Booster が 63.3 GF/W、EI Capitan が 60.9 GF/W という高効率を達成している。欧州では EuroHPC 計画の下、Arm ベース CPU (SiPearl) と RISC-V アクセラレータの開発、液浸冷却などの新技術導入も進む。日本の富岳 NEXT は Arm+ 独自アーキテクチャ CPU と NVIDIA GPU の組み合わせというハイブリッドで国際協調するモデルであり、各国が「オープンかつ自国技術の強みを活かした HPC 開発」へと舵を切っている状況にある。また、HPC クラウドサービスの拡充や、HPC ミドルウェアの標準化(コンテナ技術やワークフロー管理統合)も国際的に議論され、HPC 資源へのアクセス性向上が図られている。

- **欧米の AI 政策**: 米国の Genesis Mission は DOE 主導で国立研究所のスーパー・コンピュータ群と民間クラウドを統合し、膨大な科学データから「科学の基盤モデル」を訓練して研究ワークフローを自動化・高速化する国家戦略である。American Science Cloud や分野横断コンソーシアムを軸に、10 年で研究生産性倍増を掲げ初期投資も開始した。欧州では EuroHPC が AI ファクトリー及び AI ギガファクトリー(複数拠点 + サテライト)網を整備し、EuroHPC 計算資源へのアクセス、データ・ツール、専門家伴走を研究機関から企業(中小・スタートアップ含む)まで提供して、AI 活用とデジタル主権・産業競争力を底上げする。
- **米国ビッグテックの AI 投資**: NVIDIA 社や BlackRock 社などが参加するコンソーシアムは約 400 億ドルを投じて大規模データセンター事業者を買収し、推計 5 ギガワット規模の AI 計算インフラを確保する計画を打ち出している。Google や Meta といった米 IT 大手各社による AI 向けデータセンター投資額は 2025 年単年で総計 4,000 億ドルを超える見通しとされ、OpenAI 社もソフトバンク等と提携して米国内に 5,000 億ドル規模を投じる「Stargate」計画を発表するなど、民間による大規模 AI 計算基盤整備競争が激化している。

2.3 国内ユーザコミュニティの現状と課題

国内 HPC ユーザコミュニティの現状把握と課題分析は、次世代計算基盤の整備・運用方策を検討する上で重要である。HPCI コンソーシアムは 2025 年 10 月に開催した「HPCI コンソーシアムシンポジウム」において参加者アンケート(回答者 189 名)を実施し、我が国の計算科学・エンジニアリング分野のユーザ実態に関する貴重なデータを得た。本節ではその結果も踏まえ、国内ユーザコミュニティの特徴と直面する課題を整理する。

- **ユーザ層の専門分野と計算資源利用**: 回答者の専門分野は「物質・材料・化学」(40 名)、「工学・ものづくり」(40 名)、「物理・素粒子・宇宙」(33 名)が多く、伝統的な計算科学領域が大部分を占めた。一方で「人工知能・機械学習」分野からの回答は 4 名と少なく、HPCI ユーザコミュニティが AI 分野の研究者を取り込めて

いないことがうかがえる。主要な計算資源としては、大学・研究機関の大型計算機を利用している割合が最も高く 52%、次いでフラッグシップ系の「富岳」を利用するユーザが 21%、商用クラウドを利用しているのは 5%に留まった。これらから、依然として公的 HPC インフラ(HPCI)への依存度が高いことが分かる。クラウド利用は増加傾向にあるものの、コストやデータ移行の問題もあり限定的であり、当面は国主導の HPC 基盤整備が国内の計算需要を支えると考えられる。

- **開発体制:少人数チームと長期開発:**ソフトウェア開発の体制に関して、70%の回答者が自ら(研究室内で)アプリケーションを開発していると答え、利用するアプリケーションを自前で開発・保守しているユーザが大半を占める。開発チームの規模は「1~2 人」が 65%で最も多く、ついで「3~5 人」が 26%、「6~10 人」が 5%となっており、少人数チームによる開発が主流である。また、開発期間については「11 年以上」と答えた割合が 47%に達し、10 年以上改良を重ねているレガシーコードが数多く存在する実態が浮き彫りとなった。これは、従来からの Fortran や C 言語で書かれた大規模科学技術計算コードが各研究グループに蓄積しており、メンテナンスしながら使い続けられていることを示唆する。このような長寿命の自前コードを抱えるユーザほど、新アーキテクチャ(例えば GPU)への対応に困難を感じているケースが多いと考えられる。
- **プログラミング言語・ツールの多様性:**主に使用しているプログラミング言語は複数回答可としている中で、Fortran が最多の 93 名で全体の約 49%、次いで Python が 70 名で全体の約 37%、C++ が 48 名で全体の約 25%、C が 41 名で全体の約 22%、Julia が 10 名で全体の約 5%という順であった。依然として Fortran が HPC ユーザコミュニティで根強く使われていることが分かる一方、近年台頭している Python や一部の Julia 利用者も存在し、言語の多様化が進んでいる。また並列化手法としては、MPI と OpenMP の利用率が高く、MPI/NCCL/RCCL を使用していると答えた人が 102 名(54%)、OpenMP が 94 名(50%)に上った。GPU 向け並列としては CUDA が 48 名(25%)、OpenACC が 27 名(14%)であった。バージョン管理ツールの使用率は高く、GitHub を利用しているとした人が 86 名、ローカルな Git が 14 名で、合計 53%が何らかの Git ベースのバージョン管理を導入していた。またプロファイラ等の性能分析ツールは 70%が利用経験ありと回答し、性能チューニングへの意識も高いことが分かる。さらに注目されるのは、生成 AI(Generative AI)ツールを開発に活用し始めているという回答が 47%あった点である。具体的ツール名の内訳は ChatGPT が最多 62 名、他に Claude、Google Gemini、GitHub Copilot 等もあった。これはコードの自動生成・補完や問題解決に AI を役立てようとする動きが既に相当数の開発者で始まっていることを示し、HPC ソフトウェア開発の手法にも変化が及びつつある。

- **GPU 対応状況**: 富岳 NEXT で GPU が導入されることを見据え、現行のユーザコードがどの程度 GPU 対応済みかも調査した。その結果、「既に GPU 上で動作している」コードを持つユーザは 31%、「一部のみ GPU 化済み」が 22%、「GPU 対応を検討中」が 34%、そして「対応予定なし・未定」が 14% という分布であった。つまり現時点では約半数のユーザはどちらかの形で GPU 対応に着手済みだが、残る半数は未対応であり、特に「検討中」の層(34%)は今後支援次第で GPU 化が進む可能性が高いといえる。GPU 対応が進んでいない理由について自由記述や選択肢で尋ねたところ、最も多かったのは「開発者の GPU 知識不足」で 78 名(41%)が該当した。他にも「コードが大規模・複雑で改修困難」が 51 名(27%)、「性能向上が限定的／期待通りでない」が 34 名(18%)、「データ転送ボトルネック」が 39 名(21%)、「MPI+GPU の通信制御が難しい」が 38 名(20%)、「開発・デバッグ環境が整っていない」が 31 名(16%) 等が課題として挙げられている。これらから、**技術習得面でのハードルと情報・ツール不足**が GPU 化の大きな障壁になっていることが明確になった。
- **リソース・支援の不足**: GPU 対応に取り組む上での組織的リソースについても尋ねたところ、「ほとんどない(支援が必要)」と答えたユーザが 53% に上った。「十分にある」は 7%、「一部あり(数名で対応中)」は 41% であった。多くの研究グループでは、GPU クラスタや必要なハードウェア資源、専門知識を持つ人材などが不足しており、自力だけでの GPU 化は困難であると捉えている。特に大学の小規模研究室では GPU サーバの購入・維持が難しい例が多く、外部からの支援(計算資源の提供、専門家の助言など)を望む声が強い。
- **ユーザが求める支援策**: 上記の課題を踏まえ、ユーザが望む具体的支援策として最も要望が多かったのは「GPU プログラミングに関する講習会・ハンズオンの開催」で、79 名(42%) が選択した。次いで「コード移植の相談対応・チューニング支援」が 70 名(37%)、「富岳 NEXT 移行のための早期支援プログラム」が 52 名(28%)、「成功事例集やサンプルコードの共有」が 52 名(28%)、「汎用ライブラリ・移植テンプレートの整備」が 46 名(24%)、「開発ツール・プロファイラの提供」が 43 名(23%) と続いた。自由記述の意見では「大規模コードは CPU 版／GPU 版の分岐が破滅的なので『単一ソース維持』を最優先 KPI にすべき」「科学技術計算に必須の FP64(倍精度)性能を落とさない設計・調達を明確にすべき」といった声や、「CPU↔GPU のメモリ空間・データ転送・MPI RDMA・OpenACC 制御可否を早期に明確化して欲しい」「プロトタイプ／実機相当テストベッドを早期提供して欲しい」「『書き換え最小』を前提に、コンパイラ／ツールで GPU を“吸収”する方針を立て欲しい」「ホットスポットから段階的に「部分 GPU 化」できるよう、実質的なチューニング伴走支援を用意して欲しい」などの要望が挙げられている。これらは

次世代計算基盤へのユーザからの率直な要望であり、本提言の各章で具体策として反映させていく。

本節で浮き彫りになった国内ユーザコミュニティの課題として**長期運用されてきたレガシーコードの GPU 対応、開発者の知識・リソース不足、人材育成と情報提供の遅れ**がある。これはまさに次世代計算基盤のユーザビリティ向上において喫緊に対応すべき重要項目である。本提言では第 4 章で人材育成・アプリ開発支援策として、これら課題に対応する具体的な施策を提案する。また第 5 章・第 6 章ではシステムやコミュニティの側面から、ユーザビリティと利用拡大に資する提言を行う。

3. 2025 年度提言の実施状況

2025 年度提言を受け、文部科学省では速やかに関連する新規施策の準備・公募を開始した。本章では、2025 年 7~8 月に公募が行われた「次世代 HPC・AI 開発支援拠点形成事業」および「HPCI 整備計画調査研究事業」の進捗状況を概観し、それらの評価と課題点を整理する。また、前章で述べたユーザコミュニティからのフィードバックがこれら施策の実施状況にどのように反映・対応されているかについても言及する。

3.1 次世代 HPC・AI 開発支援拠点形成事業

次世代 HPC・AI 開発支援拠点形成事業は、2025 年 7 月 8 日に文部科学省が公募を開始し、同年 10 月頃からの事業開始が予定された新規事業である。本事業の目的は、富岳 NEXT 世代の計算科学発展を支えるため、**加速部(GPU 等)や AI 技術を活用したアプリケーション開発の技術支援**を行う拠点を形成することにある。具体的には以下のようない活動が求められている。

- **CPU/GPU ベンダー連携の技術支援**: 国内外の CPU メーカーや GPU メーカーと連携し、ユーザの新規・既存アプリケーション開発を技術的に支援する。具体的には、コードの GPU 最適化、チューニング、ベクトル化・並列化などに関する専門知識を提供し、必要に応じてベンダー側のエンジニアとも協働してハードウェアを効果的に活用するためのアドバイスやコデザインを行う。
- **知見の蓄積と人材育成**: 加速部対応や AI 応用に関する最新の知見の体系的蓄積と、それを担う人材の育成。具体的には、研修プログラムや勉強会の企画、技術情報の整理・発信、若手エンジニア育成のためのインターンシップ受け入れなどを通じて、人材基盤を強化する。
- **分野横断型コミュニティ形成**: 分野ごとに孤立しがちなアプリケーション開発者同士の交流の場を提供し、例えば計算物理と計算化学、ライフサイエンスと AI など

異なる分野間で GPU 活用ノウハウを共有できるコミュニティを形成する。オンライン・オフライン双方で定期的なワークショップや情報交換会を開催し、「HPC/AI 融合時代の実践知」をコミュニティ全体で醸成する。

- **ユーザへの普及啓発活動**: 広く国内の HPC ユーザ・潜在ユーザ(産業界含む)に向けて、次世代 HPC と AI 活用の意義や最新動向、成功事例などを発信する。具体的にはセミナーの開催、記事・レポートの公開、産業界向けの説明会、学校教育との連携などにより、計算科学技術の裾野の拡大を図る。

本事業は、公募の結果選定された「代表機関」(国内の中核的研究機関が担当)と、複数の「中核機関」・「協力機関」が連携して一つの拠点(コンソーシアム)を形成する形態が想定されている。代表機関は文科省と契約を結び拠点運営全体を統括、中核機関は主要分担を担い、協力機関は専門領域で貢献する役割を果たす。2025 年 10 月の事業開始以降、現在(2026 年時点)までの進捗としては、代表機関(RIST)を中心に中核機関である筑波大学・東京大学・東京科学大学に GPU 技術支援の専門家チームが結成され、主要 HPC センターにスタッフが配置され始めている。これらを統括するための組織として、RIST 内に「次世代 HPC・AI 研究開発支援センター」(HAIRDESC)が 2025 年 10 月に設立された。

本事業は、2025 年度提言の「ユーザビリティ向上」の提案を受けて具体化されたものであり、初動としては概ね順調に立ち上がっているものの、提言で期待された「2029 年までに主要なレガシーコードの移行完了」を達成するにはこれから数年間の本格的拡充が不可欠である。

3.2 HPCI 整備計画調査研究事業

HPCI 整備計画調査研究事業は、2025 年 6 月 30 日に公募開始された文部科学省委託の調査研究事業であり、ポスト「富岳」以降の HPCI(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)の具体的整備計画を立案することを目的としている。この事業では、次世代計算基盤に関わる運用体制、運用技術・セキュリティ、システムアーキテクチャ、量子計算との連携といった観点について最新動向を調査し、必要な研究開発を行い、最終的にそれぞれの観点から望ましい整備計画案を提案することが期待されている。本事業の調査研究対象は大きく以下の 4 つに分類されている。

- **運用体制調査研究**: HPCI の一体的運用体制の在り方についての検討。次世代計算基盤では富岳 NEXT という極めて高性能な 1 台のマシン(NFS)と、全国の大学・研究機関の大型計算機(NIS)がネットワークで結ばれる HPCI 体制が続く見通しである。この中で、次期 HPCI が持つべき機能・業務およびその実施

体制、運営体制の評価、NFS および NIS の望ましい体制をどう実現するかが検討課題となっている。

- **運用技術・セキュリティ実証研究**：HPCI を支える計算・データ基盤技術、およびサイバーセキュリティ確保に関する実証的研究。次世代計算基盤では各システムの性能向上に加えてデータ集約・共有や遠隔利用が飛躍的に増大することから、ストレージ・ネットワーク・データ転送ソフト等の高度化が不可欠である。具体的には、計算資源の一体的管理・複雑なワークフローの統合、緊急ジョブへの迅速対応、ユーザビリティ向上と認証の統一化、セキュリティ向上とプライバシー保護、高度な省電力と炭素排出削減技術導入による持続可能な計算インフラの構築を目指す。
- **運用システム（計算機）整備計画調査研究**：富岳 NEXT 時代の HPCI が備えるべきシステムのアーキテクチャを検討する。現在注目の半導体技術動向（GPU・FPGA・特定用途アクセラレータの発達、メモリ階層技術、チップレット設計、3 次元実装、先端プロセス微細化の限界など）を調査し、2030 年代の計算ニーズ（AI・シミュレーション融合、リアルタイムデータ処理、低消費電力要求）に応える HPC システムの選択肢を描く。また、国内産業・科学コミュニティの要望を集約し、「戦略的に整備すべき計算機資源とは何か」を提言することが求められている。
- **量子等ハイブリッド（連携）運用環境調査研究**：量子コンピュータなど新計算原理デバイスと古典 HPC のハイブリッド連携環境についての調査研究。量子コンピューティングは現時点では技術発展途上だが、特定の計算問題（例えば組合せ最適化、量子化学など）で潜在的有用性が示唆されている。本調査研究では、HPCI において量子計算リソースをどのように位置づけ統合するかを検討する。今後 3 年間で、量子-HPC 共通 API の提案やプロトタイプ実装を行い、将来的な HPC 統合に向けたロードマップを示す計画である。

本事業は HPCI の将来像を描き、必要な技術・体制を事前に研究しておくという重要な役割を担っている。2025 年度提言で強調された「HPCI の一体的運用」「データ基盤・セキュリティ強化」「量子との融合」といった観点に沿ったテーマが盛り込まれており、HPCI コンソーシアムから提供されたユーザ要望や問題意識も各調査研究チームで共有されている。現時点の進捗は概ね計画通りであるが、調査結果を具体的な整備計画（実行計画）に落とし込む段階はこれから本格化する。提言側からの評価・要望としては、調査研究の成果が「机上の検討」に留まらず実際の政策・投資判断に結びつくよう、例えばアーキテクチャ検討と富岳 NEXT 開発のフィードバックループを構築したり、実証した運用技術を HPCI 現行システムに逐次反映したりする仕組み作り

が望まれる。HPCI コンソーシアムとしても調査研究事業の成果が実効性あるものとなるよう連携を強化していく。

3.3 ユーザコミュニティからのフィードバック

2025 年度提言から本提言策定に至るまでの間、HPCI コンソーシアムは様々な形でユーザコミュニティからのフィードバックを収集してきた。その代表例が前述の 2025 年 10 月シンポジウムでのアンケートであり、そこで示された数多くの課題や要望は、本提言の各施策立案に直接反映されることが望ましい。ここでは、ユーザからのフィードバックが 2025 年度提言の実行状況にどのように関係しているか、いくつか具体的に述べる。

- **次世代 HPC・AI 開発支援拠点形成事業との関連**: アンケートで最も要望の多かった「GPU プログラミング講習・ハンズオン」(79 名)に応えるため、早速オンライン講習会の開催が求められている。また「コード移植相談/チューニング支援」(70 名)に応えるため、技術相談窓口を設置する必要がある。ユーザから「成功事例やサンプルコードを共有してほしい」(52 名)との声に対しても、Web ポータルで事例集公開を計画するとよい。
- **HPCI 整備計画調査研究事業との関連**: アンケートから明らかになった「HPCI 間のシームレスな利用」(例えば「富岳」と大学センター計算機の UI 統一やデータ連携)への要望は、本事業の運用体制検討で重視されるべきである。また「量子コンピュータとの連携を試したい」という先進的ユーザの声に応えるために、実際に理研と他機関で共同実証が行われる必要がある。さらに「クラウド利用はまだ 5%程度だが今後増える可能性」に鑑み、HPCI と商用クラウドの連携(データ移行容易化や費用支援策など)も本事業の検討課題に追加すべきである。
- **富岳 NEXT への期待と懸念**: ユーザからは「富岳 NEXT の情報をもっと早く提供してほしい」との要望や、「現行ソフトがどの程度そのまま動くのか」「国産コンパイラやツールの対応は?」といった懸念も示されている。これらを踏まえ、理研 R-CCS では 2026 年度から富岳 NEXT に関する年次報告会や技術ロードマップ説明会を開催し、ユーザとのコミュニケーション強化を図る必要がある。また、本提言でも第 5 章で示すように、富岳 NEXT 移行に向けた情報提供と支援策(ポータルサイトでの Q&A 公開、トレーニング環境の早期提供など)の具体案を提起することが求められている。

以上より、ユーザコミュニティからのフィードバックを 2025 年度提言の具現化と改善に密接に活かすことが重要である。HPCI コンソーシアムは引き続きユーザの声を幅広く収集し、提言や施策のアップデートに反映させるとともに、ユーザ自身にも提言策

定プロセスへの参加意識を持つてもらえるよう働きかけたい。本提言の以下の章では、こうしたフィードバックに基づき策定した具体的アクションプランを順次示していく。

4. 人材・アプリケーション開発支援に関する提言

提言

- オンライン教材ポータル・相談窓口の開設: 2026 年度に開設
- コード GPU 化診断サービスの運用: 2027 年度に運用開始
- GPU 化成功事例集・サンプル集: 2026 年度に 5 件、2027 年度に 20 件
- GPU 化可能な主要アプリの GPU 対応: 2028 年度に 50%、2030 年度に 100%
- GPU に精通した人材の育成: 2030 年までに 100 名

本章では、人材・アプリケーション開発支援に関する提言をまとめる。これは 2025 年度提言で掲げたユーザビリティ向上策の中でも特に人材育成(Human resource)とアプリケーション移行支援(Application development Support)に焦点を当てたものであり、HPCI コンソーシアムの提言の中核を成す部分である。前節まで把握したユーザコミュニティの課題をまず詳細に分析し(4.1 節)、それを踏まえて GPU プログラミング人材育成(4.2 節)、アプリケーション(特にレガシーコード)の移行支援(4.3 節)の具体策を提案する。さらに、これらを実行に移す上で鍵となる次世代 HPC・AI 開発支援拠点との連携について述べ(4.4 節)、最後に 2030 年までの年次目標・マイルストーンを示す(4.5 節)。

4.1 アンケート結果から見える課題の詳細分析

4.1.1 少人数・長期開発レガシーコードの現状

前章でも触れたように、多くの HPC ユーザは 1~2 名程度の小規模チームで 10 年以上にわたり自前開発したコードを継続利用している。典型的には大学研究室の教授と学生(あるいは助教や PD)が主体となって Fortran や C 言語で作成したシミュレーションコードであり、分野内では長年にわたり成果を出してきた「レガシーコード」である。これらのレガシーコードは各研究分野の貴重な財産である一方、新しい計算機アーキテクチャへの移植や性能チューニングの面で以下のような課題を抱えている。

- コード規模と複雑性: 長期開発されたコードは往々にして数万~数十万行規模に達し、開発者本人ですら全体を把握しきれない場合がある。文献で発表されたアルゴリズム改良が継ぎ足され、I/O や前後処理も込み入っているなど、部分的な改変が全体性能にどう影響するか予測しづらい。したがって、安易に GPU 対応のためコードを書き換えることに心理的抵抗がある。

- **ドキュメントと知識の属人化**: 小規模チームゆえにコードの詳しい構造やチューニング箇所の知識が特定の個人に依存しがちである。引き継ぎのドキュメント等が十分用意されておらず、開発者が異動・引退するとブラックボックス化する懸念もある。このような状況では外部の専門家が支援しようにもまずコード理解に時間を要するため、支援効率を上げるにはコード分析自動化ツールやベンチマークデータの共有など工夫が必要となる。
- **Fortran コードの特殊性**: Fortran で書かれた大規模科学コードは、配列重視のデータ構造やループ展開、MPI 通信など当時のベストプラクティスが凝縮され最適化されている場合が多い。しかし GPU のような SIMD/SIMT アーキテクチャにはそのままでは適合しにくいケースもある。たとえば多重入れ子ループを含むアルゴリズムは GPU 用にループ分割やメモリアクセスパターンの変更が必要だが、Fortran 特有の配列スライス記法やモジュール構造が障壁となる場合がある。このため、Fortran 資産を抱える開発者からは「Fortran 向けの GPU 化ガイドライン」を求める声が上がっている。
- **少人数開発ゆえのテスト不足**: 長年少人数で開発してきたコードでは、ユニットテストや継続的インテグレーションといった現代的手法が十分取り入れられていないことが多い。従って GPU 化のような大きな改変を施した際に正当性検証が困難であり、バグを埋め込んでも検出に時間がかかる恐れがある。このことも開発者が現状維持志向になりがちな要因である。生成 AI によるコード移植を行う場合も、正当性検証が不足していればハルシネーションによるバグの温床となる。

以上のような現状認識に基づき、本提言では第 4.3 節で「レガシーFortran/C コードのための GPU 移行支援策」を具体的に提案する。また、レガシーコードのモダナイゼーションには生成 AI の活用も有望な手段になり得る。実際、2025 年度提言でも「生成 AI を活用してレガシーコードを書き換える際のベストプラクティス収集提供」を行う旗艦プロジェクトの必要性が述べられた。第 4.3 節ではこれを受け、AI 支援によるコード変換サービスの可能性にも触れる。

4.1.2 GPU 知識不足と支援ニーズの実態

前述のアンケート結果で最も多く指摘された課題が「開発者自身の GPU 知識不足」であった。具体的には、「GPU プログラミングの経験がない」「CUDA カーネルを書いたことがない」「基本的な並列計算モデル(SIMT)を理解していない」といった声が聞かれる。これは決して開発者の能力不足を非難するものではなく、HPC 分野においても GPU の本格的活用はここ数年の潮流であり、体系的教育の機会が少なかったことが大きい。例えば計算科学系の大学院課程でも、MPI や OpenMP は教えても

CUDA は触れない場合が多く、実務で必要になって初めて独学で学ぶケースがほとんどである。

また、GPU プログラミング自体の難易度もハードルとなっている。並列化の知識に加え、メモリの階層(共有メモリ、レジスタ、グローバルメモリ等)やデータ転送の最適化といったハードウェアレベルの理解が求められること、デバッグが難しいこと、性能チューニングにおける試行錯誤の負担など、初心者が直面する壁は多い。アンケートでも「初歩から学べる体系立った研修が欲しい」「書籍や教材が散在しており何から手を付けるべきか分からぬ」といった声が寄せられている。

さらに、GPU に限らず並列計算全般のスキル格差も指摘される。Fortran や Python でシリアルコードを書いて計算していたユーザが、突如 MPI や CUDA といった並列技術を要求される場合、学習コストが高く尻込みしてしまう傾向がある。特に若手よりシニア研究者にこの傾向が強く、「自分の専門分野の研究で忙しく新しい IT スキル習得まで手が回らない」という本音もしばしば耳にする。

これらの実態を踏まえ、本提言では第 4.2 節において GPU プログラミング人材育成のための包括的なアクションプランを提案する。具体的には、段階別の研修体系(初心者向け基礎からエキスパート向け高度チューニングまで)を整備し、Fortran 開発者向けの入門コースや自己学習教材の提供、ハンズオンセッションの拡充など、「誰もが GPU 対応スキルを身に付けられる環境」を構築することを目指す。また、単発の講習に留まらず継続的なフォロー(オンラインフォーラムでの質問受付や、実践課題の提供とフィードバック等)によって、習得を確実なものにする仕組みも検討する。

なお、知識不足の背景には成功事例やサンプルへのアクセス不足もある。自分のコードと類似したケースで GPU 化に成功した例があれば理解が進むが、そのような情報共有が体系的に行われてこなかった。第 4.3 節では成功事例集の整備について提案するが、この点も人材育成策と車の両輪である。

4.1.3 言語・ツールの多様性と標準化の課題

HPC ユーザコミュニティ内では、使用言語や開発ツールが多様化する一方で、全体を通じた標準化・共通化が進んでいないという課題がある。例えば、アンケート結果からも Fortran 派と Python 派では開発文化が大きく異なり、前者はローカルクラスタで MPI ジョブを回し、後者は Jupyter ノートブック上でデータ解析、といった具合にワークフローが大きく異なる。AI for Science のワークフローではこの 2 つが混在する。このような多様性自体は健全なことであるが、HPCI 全体としてユーザサポートを講じる際には「誰にでも合う」支援策を設計することが難しくなる。

一例として、開発環境の提供が挙げられる。Fortran/C ユーザには伝統的に UNIX ターミナルと Makefile、テキストエディタという環境が馴染んでいるが、Python ユーザには IDE(統合開発環境)や対話型シェル、Windows や Mac 上からリモート接続する

といった利用形態が多い。このため、例えば共通の開発ポータルを構築しても、GUIベースと CLI ベースの両面に配慮が必要になる。またチュートリアル資料一つとっても、Fortran、C/C++、Python などの言語毎に作成する必要がある。

さらに、HPC 特有の並列計算モデルや I/O、可視化ツールなどについても、ユーザ毎に習熟しているツールが異なる。MPI・OpenMP は広く使われる一方で、OpenACC や CUDA は特定ユーザのみ、可視化も Matplotlib 派もいれば ParaView 派もいる。ベクトル計算に NEC のソフトを使う人もいるなど、エコシステムが断片化している側面がある。

この課題への対応としては、**情報共有基盤の整備と標準化の推進**が考えられる。情報共有基盤とは、様々な言語・ツールに対応したノウハウ集や Q&A サイト、サンプルコードレポジトリなどを指し、ユーザは自分の使っている環境に近い情報を容易に検索・入手できるようにするものである。標準化の推進とは、HPCI として推奨する開発環境やワークフローを提示し、未経験者でもそれに従えば一定の成果が得られるという安心感を提供することである。

本提言では、第 4.3 節で「成功事例集・サンプルコードライブラリの整備」を具体策として挙げ、この中で多言語・多ツールの事例を幅広く網羅することを提案する。また、第 5 章ではシステム面から統一的な UI/UX の整備について触れるが、ユーザ環境の標準化に向けて HPCI として提供すべき共通ツール（例えば JupyterHub サービスやコンテナ技術の導入など）を提言する予定である。

要約すれば、言語・ツールの多様性は HPC 利用のすそ野拡大を示す好ましい傾向だが、それを支える横断的な支援策が不足している現状が課題と言える。コンソーシアムとしては、コミュニティ内の有志を募って各ツール分野ごとの虎の巻的なドキュメントを作成したり、初心者向けに「HPC 開発標準環境セット」を提示したりする取り組みも視野に入れるべきである。本章以降で述べる具体策にも、可能な限り多様なユーザ層をカバーする視点を織り込んでいる。

4.2 GPU プログラミング人材育成の具体的アクションプラン

本節では、GPU プログラミング人材育成のための具体策を提言する。次世代計算基盤では GPU が重要な構成要素となるため、HPC コミュニティ全体で GPU を扱える人材層を厚くすることが急務である。アンケート結果でも多くのユーザが研修や教材を求めており、これに応える形で以下のアクションプランを提案する。

4.2.1 段階的研修プログラムの設計

まず、人材育成策の核となるのが体系的な研修プログラムである。具体的には、受講者のスキルレベルに応じて段階を3つ程度に分け、それぞれに適したカリキュラムを用意する。

- **初級(ビギナー)コース**: 対象は「GPU プログラミング未経験者」ないし「入門書を読み始めた程度」のユーザ。内容は GPU の基礎概念(アーキテクチャ、並列実行モデル、メモリ階層など)の講義と、簡単なベクトル加算や行列演算の CUDA カーネルを書く演習など。Fortran ユーザ向けには OpenACC を使った GPU オフロードの方法も紹介する。ゴールは「GPU を使ったプログラムが自力で実行できるようになること」である。期間は1~2日程度の集中講義+実習が考えられる。
- **中級(実践)コース**: 対象は「基本的な CUDA/OpenACC コードを書いたことがあるが、本格的なチューニングは未経験」のユーザ。内容は典型的な数値カーネル(行列積、FFT、粒子シミュレーションなど)を題材にした性能チューニング手法の解説と演習。具体例として、スレッドブロックサイズの調整、メモリ coalescing、共有メモリ活用、ストリーム並列など、性能最適化の勘所を学ぶ。またプロファイラ(NVIDIA Nsight Compute 等)の使い方も指導し、自分でボトルネックを解析できる力を養う。期間は数日~1週間程度で、受講者自身のコード片を持ち込んでチューニングしてみるセッションも含める。
- **上級(エキスパート)コース**: 対象は「すでに GPU である程度の開発・最適化経験があり、さらに高度な知識を求める」ユーザ。内容はアーキテクチャの詳細(命令レベル並列、SIMT 制御、Warp の仕組みなど)や、大規模計算への応用(複数 GPU の活用、通信と計算のオーバーラップ、Unified Memory の特性など)について専門家が講義する。また、最新の GPU 世代で追加された機能(例:Tensor Core の利用法、FP8/FP16 混合精度技術など)や、GPU と CPU の協調(適切なタスク分担)について議論する。受講者同士が自らの知見を共有し合うワークショップ形式とし、将来的に講師役にもなり得る人材をネットワーク化する狙いがある。

この段階的プログラムの特徴は、受講者が自身の習熟度に応じて選択できる点と、継続的にステップアップできる仕組みにある。例えば初級を受けて基礎をつかんだ受講者には、中級への道が開けていることを示し、また中級修了者には上級コミュニティへの参加を促す。単発の研修で終わらず「学習の道筋」を示すことで、人材育成のモチベーションと効率を高める。

上記プログラムは HAIRDESC の枠組みを積極的に活用する。具体的には、代表機関または中核機関が年間の研修カレンダーを作成し、全国の HPC 拠点で分散開催することが考えられる。オンライン形式も織り交ぜ、地理的・時間的制約を緩和する。

受講者目標数は初級で年間 500 名以上、中級 200 名以上、上級 50 名以上程度を目指し、2030 年までに計数千名規模の GPU 人材底上げを図る。KPI については 7.3 節で詳述するが、例えば「2030 年までに HPC 主要ユーザの 8 割以上が GPU プログラミング基礎を習得済み」という状態を目標とする。

4.2.2 ハンズオン・ワークショップの拡充

机上の講義だけでなく、実践的に手を動かすハンズオンや、参加者同士・講師との双方向コミュニケーションの場を増やすことも重要である。アンケートでも「ハンズオン形式で直接コードを書いて学びたい」という意見が多く、また「オンライン資料だけではなく人に聞ける窓口が欲しい」というニーズも示されていた。提言する具体策として、定期的なハンズオンイベントとテーマ別ワークショップの開催がある。以下に例を挙げる。

- **全国 GPU ハンズオン**: HAIRDESC の中核拠点が中心となり協力機関の協力のもと、全国の主要都市(例: 札幌、東京、名古屋、大阪、福岡など)で対面ハンズオンを開催する。「基礎からの CUDA プログラミング」や「OpenACC で始める GPU 対応」といった初学者向けコンテンツを半日～1 日で実施し、各地で平均 20 ～30 名程度を募集する。実機としてはノート PC + クラウドまたは会場に GPU サーバを用意するなどして環境を整える。講師が直接個々の進捗を見ながら教えることで、つまずきポイントを解消しやすくする。地方開催により地域間格差を減らし、「遠方で研修機会が無かった」という声に応える。
- **オンライン集中ハンズオン**: 上記対面イベントに参加できない人のため、あるいは更に広範囲の受講者を対象に、オンラインでのハンズオンも定期実施する。ビデオ会議システム上で講師がデモを示し、受講者は各自リモートの GPU クラスタにログインして演習を行う。演習環境は HPCI のテストベッド(後述 4.3.1 で提案する GPU テストベッドの拡充)を使って提供する。講師と TA(ティーチングアシスタント)がチャットやブレイクアウトルームで質問対応し、可能な限り対面に近いサポートを行う。オンラインの利点としては、夜間や週末に開催して社会人や多忙な研究者でも参加しやすくできる点がある。録画を後日公開して復習や途中参加にも対応する。
- **テーマ別ワークショップ**: GPU 活用に関する特定テーマに絞った技術交流ワークショップを開催する。例えば「粒子シミュレーション GPU 化ワークショップ」「深層学習ハイパーパラメータチューニング勉強会」「量子化学パッケージの GPU 対応討論会」等、分野固有・関心テーマ別の集まりを企画する。ここでは講師というより実践者同士の情報交換を主目的とし、成功事例の紹介や苦労した点の共有などをラウンドテーブル形式で行う。場合によっては外部からメーカーのエンジニア等も招き、直接質疑応答する機会を設ける。コミュニティ形成(第 6 章参照)とも

関連するが、こうしたゆるやかな交流の場からコラボレーションが生まれたり、参加者のモチベーションが上がったりする効果が期待できる。

- **学生・次世代研究者向け集中スクール**: 将来の HPC/AI 人材を育成するため、大学生・大学院生や若手研究者を対象にしたサマースクール形式の集中講座を開催する。期間 1 週間程度で、座学と実習、そしてミニコンペ(性能コンテスト)のような要素も取り入れて、楽しみながら高度な技術に触れる機会とする。参加者は泊まり込みで集中的に学ぶことでネットワークも構築できる。欧米では大学間連携の HPC スクールが盛んに行われており、日本でもそれに倣った取り組みを推進する。

これらのハンズオン・ワークショップの拡充により、「習うより慣れよ」の環境を提供し、実践スキルを肌感覚で身につけることを促進する。特に GPU のような並列計算技術は、実際にコードを書き、試行錯誤する中でこそ理解が深まるため、研修プログラムと組み合わせてハンズオン機会を豊富に用意することが重要である。HAIRDESC は、これらイベントのカレンダーを統合的に管理・周知し、受講者募集や参加管理を行う役割を担う。また、成果の把握(例:ハンズオン後にどれだけの人が自分のコードを GPU 化できたか等)も PDCA の一環として追跡し、内容改善に繋げる。最終的には、「GPU プログラミングを学びたいなら HAIRDESC に聞けば良い」という信頼感をコミュニティに醸成することが目標である。これらを円滑に行うため、HAIRDESC web page 上に one stop 的なポータルを設置し、全ての情報が一元管理される環境を提供する。

4.2.3 オンライン教材・ドキュメントの整備

人材育成策の第三の柱として、オンライン教材・ドキュメントの充実が挙げられる。忙しい研究者にとって、いつでも好きな時に学べる教材があることは非常に有用であり、また対面研修等の裾野を広げるためにも必要不可欠である。具体策として以下を提案する。

- **HPCI サポートポータルの開設**: GPU プログラミングを含む HPC 技術全般の情報を集約したウェブポータルサイトを開設する。従来の GPU プログラミングに関する様々な教材が GPU ベンダー毎あるいはスーパーコンピュータセンター毎に散在していたのに対し、HAIRDESC では全ての教材を一元管理し、ワンストップサービスとして提供する。ここでは、入門～応用まで段階別に整理された記事、チュートリアル動画へのリンク、Q&A フォーラム、イベント情報、外部リソースへの案内等を包括的に提供する。特に初学者向けには「GPU プログラミング 10 本ノック」といったハンズオンチュートリアルをウェブ上で公開し、ブラウザ上で動く簡易実行環境(例えば Jupyter Notebook with CUDA)と組み合わせて手軽に試

せるようとする。また、頻出する質問やトラブルについて FAQ を蓄積し、検索性の高いナレッジベースを形成する。ポータルサイトは次世代 HPC・AI 開発支援拠点で構築中のものを活用しつつ、HAIRDESC が監修・継続更新する。

- **オンライン講座・動画**: 既存の研修資料や外部の良質な教材を整理し、オンデマンドで学習できるようとする。例えば過去の講習会の録画映像やスライド資料を許可を得て掲載するほか、新規に動画教材を制作することも検討する。近年流行している MOOC(大規模公開オンライン講座)のように、章立てした短い動画+クイズ形式で進めるコースを作成すれば、忙しい人でも少しづつ学べる。具体例として「CUDA 並列化入門(全 10 回)」「OpenMP オフロード活用講座(全 5 回)」等を企画し、受講者は好きなタイミングで視聴・解答できる。修了証発行などゲームификаーション要素を加えてモチベーション維持を図ることも考えられる。
- **ドキュメント翻訳と整備**: GPU プログラミングに関する良質な情報源は英語で提供されているものが多い(NVIDIA の公式ドキュメント、海外大学の講義資料、スタックオーバーフローの QA 等)。そこで、コミュニティの力を借りて**重要資料の日本語翻訳や要点まとめ**を行い、言語の壁を下げる取り組みを提唱する。例えば、有志の研究者・学生に翻訳プロジェクトに参加してもらい、HPCI ポータル上で公開する。これにより英語に自信のないユーザも最新情報を得られるようになる。また、日本語オリジナルのドキュメントとして、GPU 化の典型パターンや Fortran 向け FAQ 集などを作成し公開する。前述のように、Fortran ユーザ特有の課題に対応した「Fortran GPU 化虎の巻」のような資料があれば非常に有用である。
- **生成 AI を活用した学習支援**: 興味深い新手法として、ChatGPT のような生成 AI をコーディング学習の補助に活用することも検討に値する。既に多くの開発者が ChatGPT 等に質問しながらプログラミングしている現状を踏まえ、HAIRDESC としても AI を組み込んだサービス提供を考える。例えば、HPCI ポータル上で GPU プログラミングに特化した QA チャットボットを設置し、ユーザが「この CUDA エラーの意味は?」「メモリコピーを非同期にしたいがどう書く?」と尋ねれば AI が回答・コード例提示する仕組みを提供する。ただし AI の回答は不正確な場合もあるため、**人間の専門家チーム**が監修し、間違いの少ない回答を返す工夫(ファインチューニングやフィードバック学習)を行う。また生成 AI を教材作成支援にも用い、冗長な英語資料から要点を抽出したり、サンプルコードのコメント付けを行ったりすることで、コンテンツ整備の効率化を図る。

以上のようなオンライン教材・ドキュメントの拡充は、「学びたいときに学べる環境」を提供し、全国全てのユーザに対する底上げ効果を狙うものである。特に、ハンズオンや講習会に参加できない多忙な研究者や社会人も、深夜や週末に自己学習できれば技能向上につながる。また継続的にアクセスできる情報源があることで、わからな

いことに直面したときすぐ調べられる安心感を持ってもらえる。HAIRDESC はこのようなナレッジプラットフォーム構築を強力に推進し、適宜内容を更新して常に最新状態を保つ責務を負う。

4.3 アプリケーション移行支援の具体的施策

人材育成策と並んで、本提言の柱となるのがアプリケーション移行支援である。ここで言う移行とは、主に既存アプリケーションコードを新たな計算基盤(富岳 NEXT を含む GPU 搭載システムなど)へ適応させることを指す。特に、前節 4.1.1 で述べたような長期開発レガシーコードの GPU 化・高速化は多くのユーザに共通する課題であり、これに対して体系的な支援策を提供することが急務である。本節では、レガシーFortran コードへのフォーカスを含め、以下の施策を提案する:(1) コード診断サービスの構築、(2) 移行戦略コンサルティングの提供、(3) 成功事例集・サンプルコードライブラリの整備。

4.3.1 レガシーFortran コードの GPU 化支援

HPC 分野では依然として Fortran で書かれた大規模アプリケーションが数多く稼働している。これらのコードを GPU に対応させるには、開発者自身の努力だけでは困難な場合が多く、組織的な支援が必要である。本提言では、「レガシーコード GPU 化支援パッケージ」とも呼ぶべき総合的な施策を講じることを提案する。具体的な支援内容は次のとおりである。

- **GPU 化難易度のコード診断**: まず、対象の Fortran コード(あるいは C/C++ コード)が GPU 対応にどの程度適しているかを診断するサービスを提供する。ユーザが自分のコード(全体または一部)をアップロードまたは登録すると、静的解析ツールや専門家目視により、(a) 計算ボトルネックがどこか、(b) データ並列性が十分あるか、(c) 外部ライブラリ依存は GPU 版があるか、(d) メモリアクセスや分岐構造に GPU 上の課題が潜んでいないか、(e) ファイル I/O が律速となっていないか、といった観点で評価する。結果は「本コードの GPU 化難易度:高/中/低」といった指標で返し、併せて問題点の一覧と推奨対策をレポートする。例えば「外部ループは依存関係なく並列化可能」「こここの三重ループはメモリアクセスに工夫必要」「MPI 通信が頻繁で隠れ時間大」等の所見を提供し、ユーザはそれとともに取り組み計画を立てられる。
- **部分 GPU 化 vs 全面 GPU 化の判定**: 診断結果を踏まえ、「このコードはどこまで GPU 化すべきか」の戦略を助言する。しばしば、全ての計算部分を GPU に載せ替える必要はなく、真に負荷の高いカーネルだけ GPU 化し残りは CPU で良い場合もある。逆に全体が密結合でデータ移動がボトルネックなら無理に GPU を使わない判断もある。このように、(a) 完全 GPU 化、(b) 部分 GPU アクセラレ

ーション併用、(c) CPU ベースのまま高度化、のどれが最適かを専門家が判定・提案する。その際、見積もりされる効果(例えば「全体の 80%の時間を占める部分を GPU 化できれば理論上 ×5 倍高速化見込み」など)や、必要な工数(「OpenACC なら 1 ヶ月程度、CUDA で細部まで書くなら 3 ヶ月以上」等)も提示し、ユーザが意思決定しやすい材料を提供する。

- **典型パターン別ガイドライン**: よくある計算パターン(例えば「疎行列ベクトル積」「FFT」「N 体計算」「格子法による PDE ソルバー」など)について、GPU 化の手順や注意点をまとめたパターン別ガイドラインを作成する。これはドキュメントとして提供するだけでなく、できればテンプレートコードやスニペット集の形で配布する。Fortran ユーザ向けには OpenACC や OpenMP オフロードのサンプル、C++ ユーザ向けには CUDA や HIP のサンプルなどを用意し、自分のコードに合うそういうものを参考にできるようにする。たとえば、「三重ループのネストを 2 段に分けて GPU カーネル化する方法」「境界条件処理のために Halo 交換を GPU 間通信する例」等、実用的で具体的なコード断片を示すことが有効である。さらに、HPC に特有の「レガシー資産」活用として、過去に開発された数値ライブラリ(BLAS, FFTW 等)の GPU 版や、コミュニティコード(LAMMPS, PyTorch 等)のプラグインなど、既存のものを使う選択肢もガイドラインに明記し、車輪の再発明を減らす。
- **GPU テストベッド環境の提供**: 移行支援には実験の場が欠かせない。ユーザ自身が GPU を持っていないなくても試せるよう、HPCI の一部に共用 GPU テストベッドを拡充することを提案する。例えば、「富岳」の増設リソースや各大学の小型クラスタを統合して、数十ノード規模のテストベッドを HPCI 経由で利用可能にする。利用申請手続きを簡素化し(ある程度誰でもトライアルアカウント発行)、GPU 化支援対象のコードは優先的にこのテストベッド上でプロファイリングやスケーラビリティ試験ができるようにする。これにより、「自前環境がなくて検証できない」という障壁を取り除く。またこのテストベッドは次世代 HPC・AI 開発支援拠点が管理し、ユーザが困った時にはスタッフがジョブログ等を確認して助言できるような連携も図る。まさに「実験しながら相談できるラボ」のイメージである。

以上のような多面的支援により、特にレガシー Fortran コード群の円滑な GPU 移行を後押しする。富岳 NEXT 稼働時(2030 年頃)に、主要な科学技術計算アプリケーションの 8 割以上が GPU 対応済みとなっていることを目標に掲げ、その実現に向けて 2026~2029 年度の 4 年間を「移行推進期」と位置づける。KPI 例として、年間に支援を受けて GPU 化に成功したアプリ件数、コード診断実施件数、性能向上倍率の平均値等をトラッキングし、必要ならアプローチを改善していく。

4.3.2 コード診断・移行相談サービスの構築

4.3.1 節の施策と一部重複するが、もう少し広い観点でコード移行相談サービスの構築について述べる。これは、GPU 化に限らずあらゆるアプリケーションの継続性・移植性に関する相談を受け付け、専門家が対応する窓口である。具体的なサービス像は以下の通りである。

- **ワンストップ相談窓口**: ユーザが「自分のコードを新システムで動かすには？」 「性能が伸び悩むがどうすれば？」といった疑問を気軽に相談できる窓口(ヘルプデスク)を設置する。問い合わせ手段はメール、Web フォーム、Slack/Discord などチャットツール、対面(年次大会でのブース等)と多様に設け、ユーザがアクセスしやすくする。窓口には複数の専門スタッフが待機し、内容に応じて回答または詳しいヒアリングを行う。回答までの SLA(サービス水準)も定め、例えば「3 営業日以内に何らかの応答をする」など迅速性を心がける。FAQ 化できる内容は前述のポータルサイトに反映する。
- **専門家チームのバックエンド**: 窓口スタッフだけで解決できない高度な相談については、専門家チームにエスカレーションする仕組みを作る。専門家チームは、各分野のアプリ開発者や計算科学の有識者、HPC エンジニアなどから構成されるボランタリな委員会もしくは有償コンサルタントグループで、持ち回りで相談に対応する。例えば「X 分野のある方程式ソルバーの高速化」という相談ならその分野に詳しい専門委員に振る、GPU のメモリ問題なら NVIDIA のエンジニアに一時協力を仰ぐ、など連携プレーで回答を探る。コンソーシアム会員のネットワークを活用し、「聞けば誰かが答えてくれる」体制を構築する。
- **移行プラン提案**: 相談に対しては、単に Q&A で終わらせるのではなく、可能な限り具体的な移行プランを提案する。例えば「MPI 通信がボトルネックなので並列アルゴリズムの再考が必要。提案: 空間分割の方法を変える」「メモリ不足になる場合、データ構造をスリム化するか、次世代機では HBM(高帯域メモリ)が効くのでそこを期待して良い」等、ユーザが次に取るべきアクションが明確になる助言を心がける。必要に応じ関連論文や事例も紹介し、深掘りしたければどこを見ればよいかも指し示す。
- **継続支援と進捗フォロー**: 一度回答して終わりではなく、可能であればその後のフォローアップも行う。相談対応後、数ヶ月経過した頃に「その後問題は解決しましたか？」と尋ね、上手くいっていれば成功事例として共有し、まだ難があれば追加助言や別のアプローチ提案をする。これにより相談のしっぱなしを防ぎ、「最後まで伴走する」姿勢を示す。人手の制約上すべては難しいが、重要度の高い案件や、多くのユーザに共通する問題と思われる案件は特に追跡する。
- **実績データの蓄積**: 相談内容・回答内容は、プライバシーや守秘義務に配慮しつつデータベース化する。カテゴリやキーワードでタグ付けし、検索可能にしてスタ

ツフ間で共有することで、対応の属人化を防ぎサービス品質を平準化する。また相談件数や解決率、ユーザ満足度なども統計的に記録し、事業評価や改善に活かす。例えば、「最も多い相談は MPI チューニングと判明→MPI 熟達者を増やす研修を計画」といった具合に PDCA に役立てる。

- GPU システム精通者とアプリケーション開発者によるコデザイン: HAIRDESC を単なる相談窓口やアプリケーションの並列化・GPU 化を丸投げするようなサイトとして利用するのではなく、アドバイスや共同コード開発を通じてアプリケーション開発側にも GPU 化ノウハウを蓄積し、次の世代のコード開発がアプリケーション側で自ら行えるような人材育成とコデザインの精神を育成する。

本サービスの目標 KPI としては、年間 100 件以上の相談対応、そのうち一定割合の問題解決成功、相談者アンケートで 80%以上が「満足」と回答、等を設定できる。特に 2026-2027 年度は周知期間と位置づけ、どれだけ多くのユーザに利用してもらえるかを重視する。2030 年まで継続してサービス提供し、次世代計算基盤移行の過程で出てくる様々な疑問・不安を受け止める「何でも相談所」として機能させたい。

4.3.3 成功事例集・サンプルコードライブラリの整備

ユーザに新しい技術への挑戦を促す上で、成功事例の共有は極めて効果的である。自分と近いケースでうまくいった例を知れば、モチベーションも上がり、具体的な解決策のヒントも得られる。アンケートでも約 28%の人が「成功事例集・サンプルコード集の整備」を求めていた。本提言では、HAIRDESC が中心となって成功事例集とサンプルコードライブラリを構築・公開することを提案する。

- 分野別成功事例集: HPC 利用分野ごと(例: 材料科学、気候モデリング、流体力学、生命科学、AI 応用 etc.)に、GPU 化・最適化に成功したプロジェクト事例をまとめる。各事例について、「対象アプリケーションの概要」「旧環境での課題」「行った移行・最適化内容」「新環境での成果(性能向上倍率、得られた新知見)」「苦労した点と克服方法」「使用したツール/ライブラリ」「今後の展望」といった項目を 1~2 ページ程度に整理し、読み物としてわかりやすく紹介する。図表や写真も用いて、具体的なイメージ持てるようにする。可能なら関係者へのインタビュー記事形式にして、生の声やアドバイスを盛り込むのも有効である。
- サンプルコードリポジトリ: GitHub 等のプラットフォーム上に、参考になるサンプルコードを集めたリポジトリを公開する。内容は、(a) 汎用的な計算カーネルの実装例(GPU 版と CPU 版の比較など)、(b) 典型アプリケーション(ミニアプリ)の簡易実装、(c) ライブラリの使い方デモ、など多岐にわたる。例えば、「3 次元 FFT の CUDA 実装例」「疎行列-ベクトル積(SpMV)の OpenACC 版」「分子動力学ミニアプリ(Lennard-Jones 相互作用計算)の MPI+CUDA 例」など、単体でも動く小プロ

グラムを用意する。これらには丁寧なコメントや README を付け、どのようにビルド・実行しチューニングするかも説明する。さらに、ユーザから自作コードの提供を募りコミュニティ主導で充実させていく。提供者にはクレジットを明記し、共同の知見蓄積としていく。

- **ベストプラクティス文書**: 成功事例やサンプルを横断して見えてくる共通の教訓やベストプラクティスをまとめたドキュメントを作成する。例えば「GPU 移行で陥りやすい落とし穴 10 選」「MPI+X 並列の最適バランス指針」「大規模メモリ確保時の OS 設定 Tips」等、断片的ながらも有益な知識を箇条書きにしたり、チェックリスト化したりする。これは経験豊富な技術者でないと書けないため、専門家チームに執筆を依頼し、コンソーシアム名義で発行する。また、提言書付録やウェブ記事として広く公開し、周知を図る。
- **定期アップデートと表彰**: 成功事例集やサンプル集は定期的にアップデートし、新しい富岳 NEXT 対応事例なども随時追加する。また、特に優れた事例提供者や貢献者に対しては、HPCI コンソーシアムから表彰や謝辞を行い、インセンティブを与える。例えば年次の HPCI ユーザフォーラムで「HPCI 優秀事例賞」を授与するなどすれば、参加者の意欲向上にもつながる。また表彰事例はプレスリリース等で対外的にも発信し、HPC の意義や成果としてアピールする。

この成功事例・サンプル共有の取り組みは、コミュニティ内の知の循環を促し、属人的なノウハウを開かれた形で次世代に引き継ぐ効果がある。例えば 2028 年頃までに 50 件以上の事例を蓄積するという具体目標を設定し、2030 年には主要分野の代表的アプリについて一通り事例が揃っている状態を目指す。アンケート自由記述にも「成功事例を早く共有してほしい」という切実な声があったように、この取り組みはユーザ待望のものと言えよう。

最後に、本 4.3 節で述べた各施策は、単独というより一連の移行支援パッケージとして統合的に機能させることが重要である。コード診断→相談→実装支援→成功事例化→ナレッジ共有、というサイクルを回しつつ、多くのアプリケーションが次世代基盤へスムーズに移行し性能を引き出せるよう、HPCI コンソーシアムが中核となって伴走していく。

4.4 次世代 HPC・AI 開発支援拠点(HAIRDESC)との連携強化

第 3 章で述べた次世代 HPC・AI 開発支援拠点形成事業と、本章で提案した人材・アプリケーション開発支援とは目的・内容が大きく重なる部分がある。したがって、

HPCI コンソーシアムの提言としては、HAIRDESC との密接な連携を図ることが重要である。本節では、その具体的な連携のあり方について提言する。

- **役割分担と情報共有**: HAIRDESC(代表機関・中核機関)は実際のユーザ支援活動の実働部隊として機能する。一方、HPCI コンソーシアムはコミュニティ全体の声を集約し政策提言を行う組織である。両者の役割を明確化しつつ、定期的な情報共有を行うことを提案する。具体的には、四半期ごとに「HPC 人材・アプリ支援連絡会議」を開催し、拠点側から活動報告(支援件数や成果、課題)を受け、コンソーシアム側からユーザからの新たな要望や提言内容を伝える場とする。相互にフィードバックを交換することで、現場の施策に改善を加えたり、提言に実態を反映させたりできる。
- **人材交流**: HPCI コンソーシアム加盟機関や会員の中から、HAIRDESC の活動に協力できる人材を積極的に送り込む。例えば、コンソーシアムの有志委員が拠点のワークショップで講師を務めたり、逆に拠点の若手スタッフがコンソーシアムの委員会オブザーバーとして参加したりする。人的ネットワークの共有によって、組織の垣根なく知見が行き渡るようにする。また、人材育成研修等はコンソーシアム名義でも共催し、HPCI のブランド力を活かして参加者を募る。
- **リソースの有効活用**: HAIRDESC も HPCI コンソーシアムも限られた予算・人員しか割けないため、お互いにリソースを投入して補完する。具体的には、HAIRDESC が HPCI 相談窓口運営の一部を代行したり、HPCI ポータルサイトを拠点情報の発信にも使わせたりする。また、HPCI の計算資源の中で教育・移行支援用に使える部分を拠点に提供し、前述のテストベッド構築に充てる。こうしたリソース共有により、拠点事業の実効性を高める。
- **成果の共同発信**: 拠点で得られた成果(成功事例や統計データ、人材育成モデルなど)は、HPCI コンソーシアムも共同で対外発信する。例えば年次の報告書をコンソーシアムサイトにも掲載し、場合によっては英訳して海外にも発信する。これは、日本の HPC コミュニティ全体の取り組みとしてアピールする意味がある。とくに国際会議等で日本の HPC 人材育成の取り組みを紹介する際、拠点とコンソーシアムの協調事例として紹介できる。国内向けにも、文部科学省や関連機関に対し「このように連携してうまくいっている」という報告を行い、さらなる支援を引き出す論拠とする。
- **政策提言への反映**: 拠点活動の中で浮かび上がった新たな課題(例えば「想定以上に産業界からの相談が多いので別枠が必要」「クラウドとの連携支援も求められている」等)は、速やかに HPCI コンソーシアム提言に取り込み、次年度以降の予算要求や施策拡充に繋げる。これにより、現場→提言→政策のサイクルが高速に回り、支援策の進化が加速する。具体例として、本提言でも 2025 年度の

アンケート結果を踏まえて(3.1 節の評価)、必要な強化策を盛り込んでいる。今後もこのようにダイナミックに提言内容を更新していく。

総じて、HAIRDESC と HPCI コンソーシアムは車の両輪として協働し、ユーザビリティ向上の施策を推進していくべきである。提言書上でも、「HPCI コンソーシアムは次世代 HPC・AI 開発支援拠点(HAIRDESC)を全面的に支援し、その成果の浸透を図る」と明記し、文部科学省に対しても今後の事業継続・拡充を強く求める。

4.5 年次目標とマイルストーン

本章で提案した次世代 HPC・AI 開発支援拠点形成事業に関する施策群を計画的に実行し、2030 年頃の富岳 NEXT 稼働に合わせて所期の成果を上げるため、年次ごとの目標とマイルストーンを設定する。本節では、2026 年度から 2030 年度までの 5 年間について、主なマイルストーンを示す。

- **2026 年度(基盤整備期)** : 提言採択後の初年度にあたる。次世代 HPC・AI 開発支援拠点の本格始動と歩調を合わせ、以下を達成することを目指す。
 - GPU プログラミング研修プログラムの立ち上げ : 初級コースを年内に 2 回以上開催し、延べ受講者 200 名以上。中級コースも試行的に 1 回実施。
 - オンライン教材ポータルの開設 : HPCI サポートポータルを開設し、入門チュートリアル 10 本以上、FAQ50 項目以上を掲載。【4.2.3】
 - 相談窓口の開設 : HPCI ヘルプデスク内にコード移行相談窓口を設置し、試行運用開始。初年度に少なくとも 20 件以上の相談対応。【4.3.2】
 - 成功事例集の初版発行 : 5 件以上の成功事例を収録した事例集パンフレットを作成し、Web 公開および関係機関へ配布。【4.3.3】
 - 人材・アプリ支援連絡会議の設置 : 次世代 HPC・AI 開発支援拠点とコンソーシアムの合同会議を年 2 回開催し、情報共有を開始。【4.4】
- **2027 年度(拡充期)** : 次世代 HPC・AI 開発支援拠点活動が軌道に乗り始める時期で、各施策の量的拡充を図る。
 - 研修・ハンズオンの定例化 : 初級コースを四半期ごと(年 4 回)開催、中級コース年 2 回、オンラインハンズオン隨時実施。年間延べ受講者数 500 名以上。【4.2.1】【4.2.2】
 - 上級コース開始 : エキスパート向けワークショップを初開催し、国内トップクラスの開発者 50 名程度が参加するコミュニティを形成。【4.2.1】
 - コード診断サービスの本格運用 : 少なくとも 30 件のレガシーコード診断を実施し、各ユーザにレポート提供。うち半数以上が実際に GPU 化着手。【4.3.1】

- **相談窓口の利用拡大**: 広報を強化し、年間 100 件以上の相談受付・対応を達成。回答満足度アンケートで平均 4 点(5 点満点中)以上。【4.3.2】
- **成功事例集・サンプル集拡充**: 事例数累計 20 件以上、サンプルコード 50 個以上を公開。GitHub リポジトリのスター数 100 以上獲得。【4.3.3】
- **KPI 評価体制**: 本提言で設定した KPI 項目について初の年次評価を行い、達成度を点検。必要に応じ目標値調整や施策見直しを行う。【7.3】
- **2028 年度(本格運用期①)**: 富岳 NEXT の詳細設計が進み試作段階となる頃で、支援策も成熟期に入る。
 - **GPU 対応アプリ増加**: HPCI 公募課題等で GPU 使用が標準化し、主要アプリケーションの少なくとも 50%が GPU 対応版を持つ(完全もしくは部分)。
 - **人材育成成果**: 研修累計受講者数が延べ 1500 名を超え、各大学・研究機関に複数の GPU プログラミング経験者が存在する状態にする。特に博士課程学生で GPU 計算に精通した人材 100 名以上を輩出。
 - **支援件数・成功率**: 年間の移行支援(相談対応+専門家派遣等)で少なくとも 20 件の顕著な成功事例を創出。GPU 化による性能向上が平均 5 倍以上達成されたケースを 10 件以上報告。【7.3】
 - **ハイブリッド計算準備**: 量子計算との連携や AI 統合について、実験的利用者が現れる。必要な支援知識(量子計算機の使い方ガイド等)を提供開始し、HPC と新技術の架橋を担う人材育成も開始する。【6.4】
 - **国際連携**: 得られた知見を国際会議(ISC, SC 等)で発表し、日本の HPC 人材育成・ユーザ支援モデルとして発信。海外類似組織(例えば EU の PRACE, 米国の DOE 施設)との情報交換を行う。
- **2029 年度(本格運用期②)**: 富岳 NEXT の試行運用が視野に入り、既存「富岳」との端境期対応も必要となる時期。
 - **富岳 NEXT 早期利用支援**: 富岳 NEXT のプロトタイプやエミュレータがあれば、ユーザが試せるプログラム(早期アクセスプログラム)を展開。主要コードの移植を概ね完了させ、性能ベンチマーク結果をフィードバックする。拠点スタッフ・ユーザが一体となり、「富岳 NEXT 移行支援チーム」を形成する。
 - **利用者コミュニティ拡大**: AI・データサイエンス分野や産業界からの HPC 利用が本格化。HPCI 産業利用プログラム等と連携し、支援対象の幅を広げる(第 6 章参照)。GPU プログラミング講習会にも産業技術総研や企業からの参加者が増える。
 - **最終評価準備**: これまでの活動の総括と成果評価に着手。KPI 達成見込みを分析し、2030 年度以降に向けた継続課題を整理。人材育成・支援体制を今後も維持すべき仕組み(例: 次期国プロ化や常設センター化)を提言としてまとめる準備。【7.4】

- **2030 年度(移行完了期)**: 富岳 NEXT 稼働開始(予定)。HPCI 計算基盤が新世代に移行し、提言で目指した姿の実現を確認する年。
 - **富岳 NEXT への円滑移行完了**: 主要ユーザー・主要アプリは概ね富岳 NEXT 上で動作可能となり、性能も最大限発揮。「富岳」からの移行に伴う計算停止等の混乱は最小限に抑えられ、計算科学研究の停滞なく世代交代成功。この背景に本提言で講じた人材・技術支援があつたことを検証し、成果として報告する。
 - **GPU 人材・コミュニティの定着**: 2030 年時点で、HPC に携わる研究者・技術者の大多数が GPU プログラミングを身につけている状態を実現。コミュニティには世代交代で若い専門家も増え、継続的に知見が循環する仕組みができている。
 - **KPI 達成確認**: 設定した数値目標(例: GPU 対応アプリ 80% 以上、人材育成〇名、相談〇件、成功事例〇件等)を検証し、多くが達成または上回ったことを確認。未達のものは原因分析し、次の提言サイクルへ反映。
 - **次期への展望**: ここで終わりでなく、さらにその先(例えばポスト富岳 NEXT、ポストムーア時代のコンピューティング)に向けた新たな課題を見据え、HPCI コンソーシアムは引き続きユーザ視点での支援策提言を行っていくことを宣言する。

以上が次世代 HPC・AI 開発支援拠点形成事業に関する今後 5 年間のロードマップである。これらはあくまで目安であり、技術進歩や環境変化に応じて柔軟に修正することもあり得る。しかし、少なくとも「2030 年の富岳 NEXT 稼働時に HPCI ユーザコミュニティが万全の準備で迎えられる」というゴールから逆算した計画を持つことが重要である。本提言が示したマイルストーンを指針として、関係者が一丸となって実行に移していくことを強く期待する。

5. システム・運用に関する提言

提言

- 富岳 NEXT 技術ワークショップ: 2026 年度から年 1 回開催
- 富岳 NEXT 移行チェックリスト: 2027 年度までに提供
- 富岳 NEXT 試作機: 2029 年度に提供開始
- 統一的 UI/UX・統合認証基盤・データ共有基盤: 2030 年度までに実現

第 4 章までは人材育成とアプリケーション開発支援に焦点を当てたが、次世代計算基盤の整備においてはシステム面・運用面での工夫・改善も不可欠である。本章で

は、「富岳」から富岳 NEXT への円滑な移行(5.1 節)、その間の端境期のユーザ支援(5.2 節)、HPCI 内のシステム間連携強化(5.3 節)、およびセキュリティとデータ基盤の充実(5.4 節)について提言する。これらは第 2 章・第 3 章で示した技術動向や HPCI 整備計画調査研究事業の議論とも関連し、主にハード・ソフト両面のインフラ整備に関わる提言である。

5.1 富岳 NEXT への円滑な移行計画

現行の「富岳」から 2030 年頃に稼働開始予定の「富岳 NEXT」への移行を、ユーザにとってできるだけシームレスかつ効率的なものにすることは極めて重要である。過去、「京」から「富岳」への交替時にも、アプリケーションの移植や性能検証に多大な労力が払われた経緯がある。本提言では、富岳 NEXT への円滑な移行に向けて以下の施策を提案する。

- **早期の技術情報開示と試用機会**: 富岳 NEXT の基本設計情報やプロトタイプの仕様を、可能な限り早期にユーザへ提供する。具体的には、富岳 NEXT 技術ワークショップを年 1 回程度開催し、CPU・GPU のアーキテクチャや予定されるソフトウェアスタック(コンパイラ、ライブラリ、ジョブスケジューラ等)について開発側から説明を行う。ユーザから質疑応答を受け付け、改善要望や不安点をフィードバックする場とする。さらに、2028~2029 年頃に試作機(プロトタイプ機)が登場した際には、選抜したユーザグループに試用アクセスを与え、実コードで動作検証してもらう。結果は開発チームと共有し、チューニングや不具合修正に役立てる。このような「ユーザ巻き込み型の開発」を行うことで、稼働時点で実効性能を最大化し、かつユーザも安心して移行できる。
- **ソフトウェア資産の継承**: 「富岳」で培われたソフトウェア(フレームワーク、数値ライブラリ、I/O ツールなど)を富岳 NEXT でも極力活用できるよう、互換性や移植性を確保する取り組みを推進する。例えば「富岳」の A64FX 向けに最適化された基本ライブラリ(SSL2, FFT, BLAS 等)のうち、GPU 上でも有効なアルゴリズムは、富岳 NEXT 版に組み込むか、NVIDIA ライブラリで代替する等の対応を取る。HPC ユーザがよく使う周辺ツール(例えば可視化ソフト、MPI/OpenMP の特定機能など)が新環境で動かないことがないよう、事前に洗い出して移植作業・テストを進める。コンパイラについても、「富岳」で実績のあるフロントエンド(富士通コンパイラ)を基本にしつつ、NVIDIA GPU を活かすための新機能拡張(OpenACC や OpenMP 5.0 対応など)を富岳 NEXT 開発期間中に仕上げておく。コンソーシアムとしては、ユーザアンケート等で「使用中のソフトウェア・ツール一覧」を集約し、開発側に提供して対応を働きかける。
- **移行スケジュールの明示と公募調整**: 「富岳」から富岳 NEXT への切替に際し、リソースの不足やユーザの研究計画停滞を招かないよう、移行スケジュールを

予め十分余裕をもって明示する。例えば「『富岳』は 2030 年 3 月で共用停止、富岳 NEXT は同年 4 月から共用開始(可能なら並行運用期間を数ヶ月設ける)」等、少なくとも 1 年前には公式に周知する。また、科研費やプロジェクト公募のサイクルとも整合性を取る必要がある。HPCI の公募課題については、端境期に配慮した募集・審査とし、富岳 NEXT 稼働に合わせた特別公募枠(例えば「富岳 NEXT 早期利用課題」)を設けるなど、ユーザが円滑に新環境を使い始められる仕組みを整える。コンソーシアムは MEXT および JHPCN など関係機関と協議し、「切れ目のない計算資源提供」を要望する。

- **移行チェックリストの提供**: ユーザ各自が自分の環境・コードの移行準備状況を確認できるよう、チェックリストを作成して提供する。例えば、「依存するライブラリ X の富岳 NEXT 対応版はあるか」「データファイル形式は引き続き読み書き可能か」「ビルド用のスクリプトは新コンパイラに対応できるか」等の項目を網羅したドキュメントを配布し、自身で事前に確認してもらう。合わせて、移行に伴う注意事項集(Do's & Don'ts)も掲載する。これにより、個々のユーザレベルでの移行準備を促し、トラブル発生時もリファレンスとして参照できるようにしておく。
- **移行状況のモニタリング**: 富岳 NEXT 稼働の 1 年前くらいから、主要ユーザへのヒアリングやアンケートを実施し、移行準備がどの程度進んでいるかモニタリングする。もし特定分野で大きな遅れが見られる場合には追加支援措置を講じる。例えば、「分子シミュレーション系で遅れているので専門家派遣を増やす」といった対応を取る。また、「移行に懸念はないか?」等の質問への回答を逐次集約し、MEXT やシステムベンダーとも情報を共有して必要な手当てを講じる。**最悪シナリオの回避策**(もし移行に間に合わないユーザが多い場合、旧システムの運用延長を検討等)もあらかじめ検討しておく。

富岳 NEXT への円滑な移行は、日本の計算科学コミュニティの連続性確保に直結する極めて重大なテーマである。HPCI コンソーシアムとしてもその重要性を強調し、上記のような対策を関係者に働きかける。第 4 章で提案した人材・技術支援策も、この移行をスムーズにすることが最終目的であることを再確認したい。

5.2 端境期におけるユーザ支援体制

「端境期(はざかいき)」とは、旧フラッグシップの運用終了から新フラッグシップの本格稼働までの移行期間を指す。過去、「京」から「富岳」への交替期(2019–2021 年頃)には、新旧の共用期間調整や、計算課題の振替などに種々の調整が必要であった。同様に、「富岳」から富岳 NEXT への端境期にもユーザ支援体制を万全に整える必要がある。本節では、そのための提言を行う。

- **計算資源の空白防止**: 「富岳」の運用終了(予定では 2030 年 3 月頃)と富岳 NEXT の共用開始(2030 年中頃想定)の間に計算資源の空白期間を生じさせないことが基本方針である。万一富岳 NEXT の稼働が遅延する場合には、「富岳」の運用延長(性能劣化を許容しつつ 2021 年頃まで延長運転した「京」の例ならう)も選択肢に入れるべきである。また、他の HPCI センターの大型機(例えば JCAHPC の Miyabi、科学大の TSUBAME4.0 など)に計算負荷を部分的に肩代わりしてもらう協力体制を事前に構築しておく。具体的には、端境期に特化した HPCI 公募枠を設け、「富岳」利用者が他センターに移行申請しやすくする措置を講じる。計算時間配分も柔軟に再割当てし、最先端研究が滞らないようする。
- **ユーザ向けサポート窓口強化**: 端境期には新旧システム両方に精通したサポート要員が必要となる。そこで、理研 R-CCS や HPCI オフィスのヘルプデスク要員を増強し、「富岳」と富岳 NEXT 双方に対応できる統合サポートチームを編成することを提案する。このチームは例えば 2029 年頃から活動を開始し、ユーザからの質問(富岳 NEXT の予約開始はいつか、「富岳」のファイルデータはどう移行するのか等)に答え、技術的相談(「『富岳』で動いた X アプリが NEXT で挙動違う」等)にも対応する。また、新旧のアカウント発行・資格移行など事務手続き面のサポートも一元的に行う。コンソーシアムはこの提案を理研および MEXT に対し行い、必要な人的・財政的措置を予め要求する。
- **データ移行と保存**: 大規模計算では、旧システム上に蓄積されたデータを新システムに移す作業が発生する。端境期にデータ移行用の帯域やストレージを確保し、ユーザが円滑にファイルを転送できるよう支援する。例えば、一時的な大容量ストレージを用意し、「富岳」のデータをそこに退避→富岳 NEXT から読み込む、といった中継プランを提供する。また、容量超過やフォーマット変更の問題で古いデータが読めなくなることがないよう、必要ならフォーマット変換ツールを用意したり、アーカイブ支援を行う。HPCI 全体としてもデータ保存期間や移行ルールを整理し、ユーザに周知する。「データを捨てずに済む」体制を保証することはユーザの不安を和らげる。
- **計算課題の継続性確保**: 端境期には計算課題の中断リスクがある。例えば 3 年計画の研究が年跨ぎで計算機交替にぶつかった場合、審査やシステム違いで継続不可になる恐れがある。これを避けるため、HPCI の課題審査委員会等で「継続課題」の考慮を行い、「富岳」で採択されていた重要課題は富岳 NEXT でも優先的に計算資源を割り当てる仕組みを導入する。要するに、端境期を跨ぐ課題には加点や別枠を設け、計画が頓挫しないよう配慮する。また、課題代表者へのヒアリング等を通じて、計算の進捗と今後必要な計算量を確認し、できる限り途切れのない計算実行を支援する。あるいは、どうしても一時中断が避けられない

場合は、その期間に代替の小規模計算や解析作業を行えるようデータ提供やクラウド利用補助をする等、研究の流れ全体を止めない工夫をする。

- **臨時の計算資源確保**: 端境期に計算需要が供給を上回る事態が想定された場合、臨時にクラウドサービス等外部資源を借り上げて HPCI ユーザに提供することも検討する。近年、クラウドで HPC 相当の性能がオンデマンドに利用可能である。特に古い世代の GPU であれば最新のものに比べて安価に利用できる。国としての契約により安価に利用枠を確保し、希望するユーザに無償提供するスキームを作れば、ピーク需要を平準化できる。また企業や他研究機関に計算機を借用することも考えられる。こうしたオールジャパン体制で端境期の谷間を埋める意識を関係者で共有する。

端境期はユーザにとって不安が大きい期間であり、適切な支援がないと研究スケジュールに支障を来したり、日本発の成果創出が一時停滞するリスクがある。HPCI コンソーシアムはその影響を最小化すべく、上記施策を政府および HPCI 運営組織に強く提言する。また、利用者に対しても早め早めの計画見直しや準備を促し、「みんなで乗り切る」姿勢を醸成したい。

5.3 HPCI システム間のシームレス連携

HPCI は全国複数の大型計算機とネットワーク・ソフト基盤の統合により、一種の分散スーパーコンピュータとして機能している。次世代計算基盤ではさらに異種アーキテクチャ(CPU+GPU+量子)の混在や、クラウドとの連携も加わり、システム間のシームレスな連携が一層重要となる。本節では、HPCI 内外の計算資源をユーザが意識せず活用できるための提言を行う。

- **統一的 UI/UX の実現**: HPCI に参加するすべての計算機資源を、できる限り統一的なユーザインターフェースで利用できるようにする。具体的には、(a) シングルサインオン認証(既に実現済みだが新システムでも維持)、(b) ジョブ投入の共通インターフェース(例:HPCI ポータルから各システムにジョブ投入、または各システムのスケジューラを連携させて相互運用)、(c) 共通ソフトウェア環境(可能な範囲でモジュール名やディレクトリ構成を統一する)など。特に、ユーザが複数システムにまたがって計算する場合に、設定ファイルやスクリプトをほぼそのまま使い回せる状態が理想である。次世代ではフラッグシップ(富岳 NEXT)と各大学センターのシステムの役割分担が再定義される(NFS と NIS)が、ユーザにとってはあたかも一つの仮想スーパーコンピュータ群であるかのように扱えることが望ましい。

- **メタスケジューラとリソースプローカ**: HPCI 全体のリソースを統合的に管理・割り当てるメタスケジューラや、ユーザ要求に最適な資源を選択するリソースプローカの導入を検討する。例えば、ユーザが「この規模のジョブをできるだけ早く実行したい」と要求すると、システム A ではキュー待ち 1 日、システム B ならすぐ空いている、といった情報をもとに自動的に実行環境を選定するような仕組みである。HPCI センター間でジョブ情報やキュー状態を交換し、余力のあるセンターに他センター分のジョブを回せるロードバランシングも将来的には目指す。これには各センターの運用ポリシー調整など課題も多いが、少なくとも実証実験レベルでは試みる価値がある。ユーザ目線では、「HPCI に投げればどこかで走る」という利便性が理想であり、計算資源利用効率向上にも繋がる。
- **データ共有基盤**: HPCI 内のどの計算機からでも、共通のデータストアにアクセスできる仕組みを整備する。現在も HPCI 共用ストレージやデータ集約システムはあるが、容量や使い勝手に制約がある。次世代では、各地のデータレイクを相互接続し、ユーザが一度データをアップロードすれば富岳 NEXT でも大学機でもそのデータを読み書きできるようになる。鍵となるのは高速ネットワークと分散ファイルシステムである。HPCI の計算資源を接続するネットワーク(光通信網)のさらなる強化や、ファイルシステム(Lustre、BeeGFS 等)の広域共有、あるいはオブジェクトストレージの導入などを検討し、HPCI 全体を一つの巨大データストアとして活用できる方向を目指す。これにより、大規模実験・観測データとシミュレーションの連携(センター間連携)が容易になるなど、計算科学の新たな展開が期待できる。
- **セキュアな相互アクセス**: シームレス連携にはセキュリティも伴う。複数システム間でジョブやデータをやり取りする場合、認証・認可を厳密にしつつユーザ負担を減らす工夫が必要。前述のシングルサインオンを拡張し、一度のログインで複数システム利用に必要なクレデンシャルが得られるようになる。加えて、利用履歴を一元管理し、不正アクセスやリソース濫用の兆候を検知するセキュリティ監視システムを導入する。これらはユーザには見えない部分だが、裏でしっかり機能することで安心・安全な連携が実現する。また、HPCI の計算資源だけでなく、クラウドサービスや HPCI 外の実験装置等との認証連携も重要である。
- **クラウド・エッジとの連携**: HPCI システム間だけでなく、クラウドサービスやエッジ計算リソースとのシームレス連携も視野に入る。例えば、HPCI のジョブ管理にクラウドのノードを組み込んでハイブリッドクラスタを構成したり、実験装置に付属するエッジコンピュータで前処理→HPCI で本格計算→クラウドで結果共有、という流れを自動化したりする。これらにより、研究のワークフロー全体がスムーズにつながる。技術的には、コンテナ技術(Docker/Singularity)やワークフローエンジン(CWL, Nextflow 等)の活用が鍵となる。HPCI として公式にこれらをサポート

し、ユーザが自身の PC から HPCI クラスタへの投入・クラウド連携まで GUI で操作できるようなプラットフォームを提供できれば理想的である。

以上のシステム間連携強化策は、HPCI 整備計画調査研究事業の「運用体制」「運用技術」調査研究の対象でもあり、既に検討が始まっている。本提言は改めてその重要性を指摘し、ユーザビリティ向上の観点から強力に推進するよう求める。HPCI コンソーシアムとしても、ユーザの利便性が高まる施策には全面的に協力し、必要な予算確保・開発体制構築をサポートする。

5.4 セキュリティとデータ基盤の整備

HPCI が国的重要インフラとして機能する中、サイバーセキュリティとデータ基盤の充実は避けて通れない課題である。次世代計算基盤では、より大量のデータが流通し、利用範囲も広がるため、安全で効率的な運用のための基盤整備が必要となる。本節では、セキュリティとデータ基盤について提言する。

- **認証連携基盤の強化**: HPCI の認証連携ではより強固で利便性の高い仕組みを追求する。例えば、機密性の高いデータへのアクセスや処理では二要素認証(2FA)の全ユーザ必須化や、生体認証との連携を求める等、データや処理のセキュリティレベルに応じた認証連携の方法を検討する。また、将来的には量子暗号技術を組み込むなど、新技术を取り入れて耐タンパ性を高める。同時に、認証サーバの冗長化や障害対策も講じ、HPCI 全体の可用性を向上させる。
- **ゼロトラストネットワーク導入**: 近年注目されるゼロトラスト(Zero Trust)モデルを HPCI ネットワークに適用し、内部・外部問わず常に認証・検証するセキュリティを実現する。具体的には、センター間 VPN や各計算ノードへのアクセス制御に細かなポリシーを設定し、異常検知システムと連動させる。例えば、通常ありえない通信パターンやデータ流出の兆候を AI で検知し、自動で該当ノードを隔離する仕組みなどである。これにより、大規模な攻撃があっても被害を局所化できる。
- **セキュリティ人材の配置と訓練**: HPCI 全体を統括する CSIRT(セキュリティインシデント対応チーム)を強化し、各センターのセキュリティ担当者との密接な連携体制を構築する。定期的な演習(サイバー攻撃想定の模擬訓練等)を実施し、インシデント発生時の対処手順を磨く。またユーザに対しても、セキュリティ教育(例えば情報リテラシーや安全なデータ取扱いのガイドライン提示)を継続する。特に産業利用や機微なデータを扱う場合、秘密保持契約やアクセス権限管理を厳格に行う必要があり、そのための仕組み(プロジェクトごとの閉域グループ設定など)を提供する。

- **データマネジメント基盤**: データ駆動型研究の増加に対応し、GakuNin RDM 等の研究データ管理基盤との連携も含めて、HPCI として **研究データ管理(RDM)基盤** を整備する。具体的には、各課題に紐づく計算結果データに DOI 等識別子を付与し、自動でメタデータを記録するシステムを導入する。これにより、どの計算から得られたデータか追跡でき、再現性や共有が容易になる。また、大規模データの保管については、重要データを一定期間無償保存する「HPCI データバンク」サービスを設け、ユーザが手元に置けないデータも安全に預けられるようとする。加えて、必要に応じてデータの匿名化・マスキング等プライバシー保護技術も提供し、個人情報や機密データの解析が HPCI 上で可能になる環境を用意する(例えば医療・遺伝子データ解析などへの対応)。
- **災害・障害対策**: セキュリティの一環として、災害時や大規模障害時にデータを保全し計算を速やかに再開する対策も講じる。富岳 NEXT は神戸に設置予定だが、地震などに備えデータの遠隔バックアップを東京地区等に保持する。また、計算ノードが一斉ダウンした場合でも、ジョブ再実行用のスナップショットを定期取得しておくなど、フェイルセーフ機構を検討する。ユーザにとって最悪なのは計算中断とデータ消失であり、これを防ぐための投資を惜しまないよう提言する。

以上、セキュリティとデータ基盤の整備は縁の下の力持続的生存であるが、HPCI の信頼性と利便性を下支えする極めて重要な要素である。昨今のサイバーエンジニアリングやデータ爆発に対応するため、HPCI コンソーシアムとしても専門家の知見を集めて MEXT 等に提言を行い、必要な改善を継続的に推進していく。

6. コミュニティ形成と分野拡大に関する提言

提言

- HPC+AI の分野横断ワークショップの定期開催: 2026 年度から年 1 回開催
- AI モデル・データの共有基盤: 2026 年度から提供開始
- 産業利用ワンストップ窓口: 2026 年度に設置
- HPC+AI の共同利用プロジェクト枠の新設: 2027 年度に新設
- 量子ハイブリッド計算パイロットプログラム: 2028 年度に開始

次世代計算基盤を真に活用し、日本の科学技術イノベーションに繋げるには、HPC コミュニティの裾野を広げ、多様な分野・セクターとの連携を強化することが不可欠である。本章では、**コミュニティ形成**(特に分野横断的交流)と**新規分野・産業界への HPC 利用拡大**に関する提言を行う。また、AI や量子コンピューティングといった新潮流との融合についても触れる。

6.1 分野横断型コミュニティの構築

計算科学・データ科学のコミュニティは、従来分野ごとに縦割りの傾向が強かった。しかし、AI for Science やマルチフィジックス研究など分野融合が成果を生むケースが増えている今、分野を超えた交流と協働を促す仕組みが必要である。本提言では以下を提案する。

- **HPC 横断ワークショップの定期開催**: HPCI コンソーシアム主導で、年 1 回程度、様々な分野の研究者・技術者が集まる横断的ワークショップを開催する。テーマは「スーパーコンピューティングと学際融合」のように広く設定し、例えば「AI × 材料科学」「HPC × 社会シミュレーション」「量子計算 × 化学」など複数セッションを並行開催する。普段交わらないコミュニティを積極的に交差させ、新しいコラボの種を生む狙いである。特に若手研究者に対しては分野の壁を超えたネットワーク構築の機会となり、次世代の学際研究を担う人材育成にも資する。
- **分野横断プラットフォーム構築**: 次世代 HPC・AI 開発支援拠点でも謳われている「分野横断型コミュニティ形成」を具体化するため、オンラインプラットフォーム（フォーラム、Slack グループ等）を開設する。そこでは専門分野に縛られないトピックごとのチャンネルを作り、例えば「高速数値線形代数」「可視化技術」「データ駆動科学」など共通テーマで議論できる場とする。ファシリテータ役としてコンソーシアム委員等がモデレータを務め、情報交換を促進する。このプラットフォーム上で、新規研究アイデアの提案や共同研究の呼びかけが行われれば成功である。
- **計算科学ロードマップの学際化**: 計算科学ロードマップに、学際連携や複合領域を積極的に取り入れるよう提言する。例えば、「気候変動対策」には環境科学 × AI × 社会経済モデルの連携が必要、「創薬」には生命科学 × 物理シミュレーション × データ科学の融合が重要、といった視点を盛り込む。HPCI コンソーシアムは各分野代表の委員が集う強みを活かし、学際領域のニーズをロードマップ策定過程に反映する架け橋となる。これにより、国の研究プログラムが縦割りに陥らず総合力を発揮できる。
- **人材交流プログラム**: 分野横断のもう一つの鍵は人材の流動性である。例えば、ある分野の専門家が全く別の分野のプロジェクトに短期参加して視点を提供する「クロスアポイントメント」的な仕組みを提案する。HPCI コンソーシアム主導で、異分野間の人材派遣プログラムを作り、例えば 1 ヶ月ほど別分野の研究室に滞在して HPC 活用の指導をするなどの機会を設ける。これによって相互に得られる知見は多く、ネットワーク形成にも大いに役立つ。財政的には国際交流費等を転用し、国内の異分野交流にも助成を付けられるよう、国に働きかける。

以上のようなコミュニティ構築策を通じて、HPC が「特定分野のもの」から「あらゆる分野の共通基盤」へと意識改革されることを目指す。HPCI コンソーシアム自体も、会

員構成の多様化(産業界や新興分野からの参加)を進め、コミュニティのハブとして機能し続けることが期待される。

6.2 AI・データサイエンス分野との融合促進

AI(人工知能)・データサイエンス分野は、近年 HPC と並ぶ研究の二本柱となりつつある。これらの分野との融合を促進し、相乗効果を上げることが次世代計算基盤活用の鍵である。本提言では以下を提案する。

- **AI for Science 推進**: 富岳 NEXT コンセプトの一つである「AI for Science」を具体化するため、HPCI コンソーシアム内に AI 融合検討チームを設置する。ここでは、各科学分野で AI(特に機械学習・深層学習)を活用する事例を横断的に集め、必要な計算インフラや支援策を議論する。提言としては、例えば「HPC と AI の共同利用プロジェクト枠の新設」「大規模 AI モデル訓練に HPCI リソース提供」「AI 研究者と HPC 研究者のマッチングイベント開催」などを国に要請する。既に英国などでは AI 計算資源へのアクセス拡大が国家方針となっており、日本も HPC インフラを AI 人材に開放する戦略が必要である。
- **AI 研究者の HPC コミュニティ取り込み**: 生成 AI ブーム等により、新たに台頭した AI 研究者・エンジニアは必ずしも HPC コミュニティに馴染みがない。そこで、HPCI コンソーシアムとして AI 研究会との共催イベントやチュートリアル講習を開催し、「HPC のメリット」を AI コミュニティに啓発する。具体的には、近年のスペックとクラウドはハードウェア上の差異はほとんど無く、コンテナや深層学習フレームワークなどの AI ソフトウェア環境もスペック上で標準的に提供するようになってきている。AI 分野のトップカンファレンスでは数 10 億パラメータ規模での実験でないと査読者が納得しないケースも増えており、スケールアウトによる分散処理を活用しないとできない AI 研究が急速に増加している。現に、国内で行われている LLM 開発は HPC からの支援によって実現されている。例えば「HPC で高速化する大規模 AI 学習」というワークショップを開催し、GPU クラスタでの分散学習手法などを紹介する。逆に、HPC ユーザに向けて AI 技術入門セミナーを提供し、例えば「深層学習をシミュレーションに応用する方法」などを解説する。この相互交流で、HPC と AI の両刀使い人材が増えることを狙う。
- **データサイエンス連携**: HPC 計算で得られるビッグデータを分析・可視化するデータサイエンス手法との連携を強める。例えば、HPCI 上にデータ解析用クラウド基盤を導入し、計算結果をその場で Python や R で解析できる JupyterHub サービスを提供する。これにより、ユーザはローカルにデータを移さず HPCI 内で一気通貫に解析まで完結できる。さらに、統計数理研究所などデータ解析専門機関との協力で、シミュレーションデータの AI 解析(異常検知やパターン認識)技術を

共同開発するなど、シミュレーション×データ科学の新領域を開拓する。コンソーシアムはこれら連携を推進するため、関連する学会（情報処理学会、統計学会等）とも連絡窓口を設け意見交換を行う。

- **AI モデル・データの共有**: 科学技術分野で構築された AI モデル（例えば気象予測のためのニューラルネット、材料設計の生成モデル等）や、大規模データセットを HPCI 上で共有する仕組みを整備する。具体的には、HPCI データ基盤上に AI モデルライブラリを作り、利用許諾の下で誰でも利用できるようにする。また、データについては公開可能なものは HPCI のデータカタログで検索・ダウンロードできるようにし、オープンサイエンスの観点からも先進的な取り組みとする。HPCI コンソーシアムは、科研費などで生み出された成果物（モデル・データ）の共有を促すガイドライン策定にも関与し、コミュニティルール作りを主導する。

AI・データサイエンスとの融合は単に計算資源の話に留まらず、研究パラダイム自体の変革を意味する。HPCI コンソーシアムはこの潮流を積極的に取り込み、HPC が AI 時代のイノベーション基盤として一層活用されるよう、政策提言と具体施策の両面でリードしていく。

6.3 産業界との連携強化

HPC の産業利用拡大は、日本の産業競争力向上とイノベーション創出に直結する重要課題である。HPCI コンソーシアムはこれまでも産業界との交流を図ってきたが、次世代基盤ではさらに強固な連携を提案する。

- **産業利用支援の充実**: 現在、「富岳」利用にも産業利用枠があるが、応募・審査や利用方法にハードルを感じる企業も多い。そこで、産業競争力強化と産業界ユーザ拡大のため、コンソーシアム提言として、産業界向けに HPC 利用ワンストップ窓口を設置し、計算ニーズのヒアリングから適切な利用方法、申請書作成支援等を包括的にフォローする仕組みを求める。そのため利用制度を変更し、成果非公開・有償利用による自社課題解決を拡大するとともに、中小企業やスタートアップに対しては、計算資源の無料提供や専門家による PoC（概念実証）支援を行うスタートアップ等育成枠を提案する。また、知的財産や機密保持への懸念に配慮し、有償利用案件ではデータ隔離や NDA 締結など柔軟に対応する。HPC として産業界が自社の製品開発に直結する課題を実施しうる環境の整備・運用を提供するとともに、産業界側にも先行研究フェーズにおけるオープンサイエンスへの貢献だけでなく、現業においても HPCI 環境を活用し、いち早く製品・サービスの上市につなげることが産業競争力強化の観点からも期待される。

- **成果事例の発信**: HPC 産業利用で得られた成果(製品開発期間の短縮、新素材発見等)を積極的に発信し、他企業への波及効果を狙う。コンソーシアム主催の産業利用フォーラムを開催し、成功事例の講演やパネル討論を行う。そこにまだHPC を使っていない企業も招待し、潜在ユーザを掘り起こす。また、省庁や経団連などに対しても成果を示し、更なる投資の正当性をアピールする。産業シミュレーションロードマップとも連携し、HPC システムハード・ソフト開発において産業側のニーズを反映する機会も作る。
- **人材交流(クロスアポイント)**: 産業界とアカデミア間の人材交流を促進する。特に、企業内で HPC 活用経験のある技術者をコンソーシアム委員に迎え入れたり、逆に大学研究者が企業の HPC プロジェクトに参画したりするスキームを整備する。HPCI 拠点(計算科学研究センター等)での企業研究員受け入れ制度を拡充し、HPC 研修プログラム for Industry を設けてもよい。これにより、産業界の実務課題と HPC 技術のマッチングを図り、研究と応用の距離を縮める。
- **共用プラットフォーム**: 特定産業分野ごとに、データ・ソフトウェア・計算環境を一体化した共用プラットフォームを HPCI 上に構築することを提案する。例えば、自動車産業向けには CFD シミュレーションプラットフォーム、創薬産業向けには分子シミュレーション+AI ドッキングのプラットフォーム、材料開発向けには第一原理計算+データベースのプラットフォーム等である。これらを整備することで、企業は自前で一から環境を構築しなくとも HPCI 上の標準環境を利用でき、導入コストが下がる。さらに AI for Industry の観点から、従来のハードウェア、ソフトウェアの共用のみならず、データベース・基盤モデルを含む AI 基盤も含めた共用プラットフォームが必須である。このような共用プラットフォームは、産業界の課題に密着した産学連携コンソーシアムをはじめ新たな産学連携の実装の場として活用するべきであり、コンソーシアムは産総研や産応協など関連機関と協議し、どの分野から着手すべきか提言をまとめる。
- **人材・アプリケーション開発支援における産業界の参画**: 4章において記載した人材・アプリケーション開発支援を持続的なものとするには、産業界・企業の主体的な参画が必要である。HPCI 戦略プログラム等によって開発された先端的ソフトウェアは開発者・アカデミアを越えて産業界にも広く利用されるようになり、いくつかのスタートアップによる事業化の動きもみられる。これまでソフトウェアビジネスでは欧米に先行を許してきたが、GPU 対応に関しては現時点では大きな差はない。この機を逃さず、HAIRDESC 等を核として GPU 化技術を産業界に技術移転すべきである。その際、単なる受託開発的な支援ではなく、「企業が自ら GPU 化対応を推進できる能力(技術の内製化)」を補完・育成する仕組みとすべきであ

り、意欲ある企業が HAIRDESC の先端的な知見等を効率的に活用し、自社アプリの GPU 対応を迅速に実現できる仕組み・制度設計を行うべきである。

産業界との連携強化は、HPC が「社会実装面でも成果を上げる」ために必要不可欠であり、また国民の理解を得る(税金投入の正当性を示す)観点からも重要である。次世代計算基盤が産業イノベーションの原動力となるよう、本提言は具体的支援策の拡充を強く求める。

6.4 量子コンピューティングとの連携

量子コンピューティングは、将来的に HPC と並ぶ計算技術の柱となり得るものであり、現段階からの連携模索が重要である。本提言では、量子計算と HPC の統合的活用に向けた取り組みを提案する。

- **ハイブリッド計算パイロットプログラム**: HPCI 内で、量子計算機と連携したジョブを試行できるパイロットプログラムを実施する。具体的には、理研や富士通等が開発中の小規模量子計算機を HPCI の一部ユーザに開放し、古典計算との協調アルゴリズムを試す機会を提供する。例えば、量子化学計算で古典 HPC が分子軌道計算を、量子機が特定ハミルトニアンの固有値計算を担当するといったハイブリッドジョブを実行してみる。HPCI のジョブスケジューラに量子ジョブタイプを追加し、古典ジョブと同一ワークフローで扱えるようなソフト整備も行う。成功例として前述の理研の量子化学実証 があるが、これをより一般化・汎用化する取り組みである。
- **量子計算教育・普及**: HPCI 利用者に対して量子計算の基礎知識を提供し、関心を喚起する。例えば HPCI 講習会の一部に「量子コンピューティング入門」を盛り込み、量子ゲートや量子アルゴリズムの概念を説明する。また、量子計算機のプログラミング (Qiskit など) の体験セッションも提供し、研究への応用アイデアを持ってもらう。将来的に HPC エンジニアが量子計算も使いこなす「量子 HPC 人材」となる素地を作る狙いである。量子研究コミュニティとも連携し、相互理解を深める場を設ける。
- **共通プラットフォーム開発**: 量子-古典ハイブリッド計算を効率化する共通基盤技術の開発を推進する。例えば、量子計算機と HPC を繋ぐ超低遅延ネットワークインターフェースの標準化や、量子計算の結果をリアルタイムに古典計算にフィードバックするミドルウェアの開発などである。これは単独機関では難しく、コンソーシアムが中心となって産学官の協力体制を提言する。可能なら国際標準化活動(例えば量子クラウド API 標準)にも関与し、日本発の仕様を提案することを目指す。

- **量子人材との交流**: HPCI コンソーシアムに量子計算分野の専門家をオブザーバーとして招き、逆に計算科学者が量子計算研究会に参加するなど、人材交流を促進する。これにより、お互いのニーズを理解し、共同研究テーマを探索する。例えば、「量子機でここまで計算できれば、残りを HPC で補完して○○問題が解ける」といった具体像を議論し、プロジェクト創出に繋げる。内閣府の量子技術プロジェクトとも連携し、HPC と量子技術の融合が国家戦略に盛り込まれるよう提言する。

量子コンピューティングはまだ黎明期だが、だからこそ HPC 側から積極的に関与し、「量子と協調する HPC」という将来像を牽引していくことが重要である。日本がこの分野で遅れを取らないためにも、HPCI コンソーシアムは量子連携に取り組むべきであり、本提言を通じてその必要性と方向性を示した。

6.5 アプリケーション利用者層の拡大に資する取り組み

GPU の導入効果を最大限に引き出し、研究成果を最大化するためには、HAIRDESC が主導する GPU 向けの高度なコーディング技術を有するアプリケーション開発者の育成に加え、GPU 対応アプリケーションを実際に活用した成果創出を担う利用者層を拡大することが不可欠である。特に産業利用においては、商用アプリケーションやオープンソースベースのアプリケーションを活用するケースが多いことから、アプリケーション利用を支援する取り組みは、産業利用の振興にも直結する重要な要素である。

このため、アプリケーション開発においては、関係者だけではない、より多くの利用者による活用を前提としたアプリケーション開発が求められる。その観点から、アプリケーション開発を伴うプロジェクトにおいては、利用者数や当該アプリケーションを用いた論文数など、普及度や研究への貢献度を示す定量的指標を評価に含めることが望ましい。

一方で、我が国におけるアプリケーション開発は、これまで研究プロジェクトの副次的成果として位置づけられることが多く、プロジェクト終了とともに開発が停滞・終了する傾向にあった。その結果、継続的な改良や高度化が進みにくく、成熟した競争力のあるアプリケーションへと成長しにくい構造が形成されてきたことは、これまで繰り返し指摘してきた深刻な課題である。

この課題に対応するためには、アプリケーション開発とその普及・運用を明確に役割分担し、分業体制を構築することが有効であろう。すなわち、アルゴリズム開発や先端的ハードウェアへの対応といった研究的要素の強い部分は研究プロジェクトで推進しつつ、ポーティング、コンテナ化、サービス化、MCP サーバー化、利用者対応、講習会の実施など、利用拡大に資する活動については、研究プロジェクトと密に連携しながらも、独立した組織が長期的・継続的に担う体制を構築すべきである。

そのような機能を HPCI として位置づけることは極めて重要であり、登録機関および HPCI 運営機関の機能を強化し、HAIRDESC や資源提供機関等と連携して推進することは、有力な選択肢の一つである。これにより、アプリケーションの持続的な高度化と利用拡大が期待されるとともに、優秀なソフトウェア開発者の育成や、関連する技術者の多様なキャリアパスの構築にも資すると期待できる。

7. 実行体制と評価フレームワーク

ここまで提言した数多くの施策を着実に実行に移し、目標を達成するためには、実行体制の構築と評価・改善の仕組みが不可欠である。本章では、推進体制・役割分

担(7.1 節)、PDCA サイクル(7.2 節)、KPI と評価指標(7.3 節)、フォローアップ体制(7.4 節)について提言する。

7.1 推進体制と役割分担

提言実現のための推進体制として、以下の枠組みを提案する。

- **司令塔の明確化**: HPCI 計画推進委員会が中心となり、関係機関(理研 R-CCS、各大学センター、産総研、民間)や文部科学省との連絡調整を行う。いわば提言実行の司令塔として機能し、定期的な作業部会を開催して進捗を管理する。
- **担当組織の明示**: 提言の各項目について、実行を担う主要組織を特定する。例えば、人材育成策は次世代 HPC・AI 開発支援拠点とコンソーシアム人材育成検討 WG、システム連携策は理研 R-CCS 運用部門と各大学センター運用部門とコンソーシアム HPCI システム整備・運用改善 WG、産業連携策は産業利用支援チーム(産総研等)とコンソーシアム産業利用促進 WG、という具合に**責任主体を明確化**する。この情報は提言書付録にも一覧表で記載し、読者にも分かるようにする(例:「4.2 GPU 研修プログラム: 担当=HPCI 拠点 X 大学、支援=コンソ Y WG」など)。責任主体が複数ある場合は、リーダー機関を決めて調整役を担わせる。
- **官民連携**: 文部科学省(必要に応じ総務省や経産省も)の関連部署と HPCI コンソーシアム委員会との連携を緊密にする。具体的には、年 1 回程度政策連絡会議を開催し、提言事項のうち政府行動が必要なもの(予算措置等)の進捗や障壁を確認する。文科省側には HPCI 計画推進委員会事務局やスパコン予算担当が参加し、提言委員会と直接議論できる場とする。これにより、**政策面と現場面のギャップを埋め**、スムーズな実行を図る。また、必要なら国会議員の HPC 議連等にも情報提供し、政治レベルの支援も取り付ける努力をする。
- **財源の確保**: 提言実行に必要な財源については、既存事業を活用するほか、新規予算要求も辞さない。HPCI コンソーシアムは提言根拠となるデータや成功事例を示し、**費用対効果を明確化した上で予算措置を要請**する。例えば、GPU 人材育成プログラムは年間数億円規模の継続事業として提案し、その成果を KPI で示す(7.3 節参照)。また、民間からの協賛や競争的資金獲得(JST・NEDO のプログラム応募)も併せて検討し、多面的に資源を投入する。
- **広報と参加促進**: 推進体制にはユーザコミュニティ全体の理解と参加が不可欠である。提言実行プランを明確に広報し、逐次の進捗も公開することで透明性を確保する。HPCI ニュースレターや HP で「2026 提言進捗状況」を掲載し、コミュニティからのフィードバックも受け入れるようにする。ユーザ自身が参加できる仕組み(ワーキンググループに一般公募枠を設ける等)を取り入れ、「自分たちの提言を自分たちで実行する」意識を醸成する。

このような推進体制により、提言の「絵に描いた餅」化を防ぎ、責任を持って実行していく。HPCI コンソーシアムはもとより、その会員である各大学・研究機関や協力企業、そして文部科学省まで含めたオールジャパンの体制で次世代計算基盤整備に臨む。

7.2 PDCA サイクルの確立

提言事項の実行には、計画(Plan)→ 実施(Do)→ 評価(Check)→ 改善(Act)の PDCA サイクルを回すことが重要である。本提言では PDCA の具体策として以下を提案する。

- **計画(Plan)** : 本提言書がまず詳細な行動計画の役割を果たす。加えて、各担当組織は提言を受けて年度ごとの実施計画書を策定する。例えば次世代 HPC・AI 開発支援拠点は 2026 年度の研修計画や相談件数目標を決め、HPCI コンソーシアム委員会に報告する。計画段階で KPI 目標値や予想されるリスクを洗い出し、実行に備える。
- **実施(Do)** : 計画に沿って施策を実行する段階では、各組織が協力しつつ柔軟な対応を取る。現場から出てくる問題には迅速に対策を打つ。例えば研修申し込みが殺到したら追加日程を設ける、相談で新たなニーズが多ければ計画外でも対応策を検討するといった具合に、計画に縛られすぎず臨機応変さを持たせる。これができるよう、各施策にはある程度の予備資源(人員・予算・日程)を確保しておくことが望ましい。
- **評価(Check)** : 年度末もしくは主要マイルストーン達成時に、KPI 等に基づき客観的評価を行う【7.3 節参照】。評価は担当組織の自己評価だけでなく、HPCI コンソーシアムのフォローアップ委員会が第三者的視点で実施する。必要なら外部有識者(例えば計算科学ロードマップ委員や産業界代表)を招き、施策の効果やインパクトを評価してもらう。また、コミュニティアンケートを 2026 年度以降も定期実施し、ユーザ満足度や現場感覚を定量的に把握する【4.1 節各所のような統計が再度取れるように】。
- **改善(Act)** : 評価結果をもとに、計画や実施方法の改善点を洗い出し、次年度計画に反映する。例えば、研修の効果が低いと判断されたら内容や対象者を見直す、ある施策が目標未達なら原因(周知不足か内容不適切か)を分析して対策を講じる、逆に効果絶大な施策があれば拡充するため予算増を要求するといったアクションを取る。重要なのは、失敗を許容し学習する文化である。一部計画が未達でも責めるのではなく、むしろ問題点を次に活かす前向きな雰囲気を醸成する。HPCI コンソーシアムは PDCA 推進役として、各組織が改善提案しやすい場を提供する(たとえば改善アイデア共有会議の実施等)。

- **フィードバックのスピード**: PDCA の周期は長すぎると効果が減じるため、できれば年 1 回以上回す。特に 2026-2027 の初期は半年ごとに中間評価をするくらいのスピード感が望ましい。小さな軌道修正を繰り返すことで、大きな方向性を維持しつつ精度を高めていくイメージである。

PDCA サイクルの確立は、提言を実現可能なものにするための生命線である。HPCI コンソーシアムは、自らこのサイクルを運営する覚悟を持ち、提言後の責任を全うする。

7.3 KPI と評価指標

本提言の実効性を測るため、いくつかの主要 KPI(重要業績評価指標)とサブ指標を設定する。以下に重要なものを例示する。

- **GPU 対応アプリケーション比率**: 2030 年までに、HPCI で主要と位置づけるアプリケーションの 80%以上が GPU 対応(全面もしくは部分)していること【4.5 節】。中間目標として 2028 年に 50%、2029 年に 70%など段階的に引き上げる。評価方法は、HPCI 公募課題等で頻出するコードのリストを作り、その GPU 版の有無・性能をチェックする。
- **研修受講者数**: GPU プログラミング研修および関連講習の年間受講者数 500 名以上を目指す【4.5 節】。累計では 2026-2030 の 5 年間で延べ 2500 名以上。内訳も分析し、学生・若手の割合、各分野の参加者数も指標化する。質的指標として、研修後のアンケート満足度平均 4/5 以上、受講半年後のフォローで「習得スキル活用できた」回答が 80%以上なども設定する。
- **移行相談対応件数**: コード移行・チューニング相談窓口での年間対応件数 100 件以上【4.5 節】。内、具体的な解決策を提案できた件数・実際に問題解決した件数も追跡し、例えば解決率 70%以上を目標とする。相談者満足度アンケート平均も評価。
- **成功事例公開数**: 2028 年度までに 50 件以上の成功事例を事例集や HP で公開【4.5 節】。アクセス数や引用数もサブ指標にし、その情報がどれだけ活用されたかを見る。例えば事例集 PDF ダウンロード数、サンプルコード GitHub スター数など。
- **HPC 利用コミュニティ拡大**: HPCI の利用申請者総数の増加率、特に新規分野(AI 分野など)からの申請件数増、産業利用件数増などを KPI とする。例えば、産業利用課題採択数を 2025 年比で倍増、AI 関連課題数も倍増など具体値を設定する。

- **人材アンケート改善**: 2024 年に実施したアンケートと同様の調査を例えれば 2028 年に再実施し、各項目の改善を確認する。たとえば「GPU プログラミングの知識不足」を課題とする回答が 78 名→半減以下になる、「支援リソースほとんどない」が 53%→20%以下になる等、定量的な改善を目標とする。
- **計算成果の創出**: HPC 利用の究極的成果である論文や発明の数も指標となる。富岳 NEXT 移行後には、HPCI 経由の計算成果でトップジャーナル掲載件数が毎年 XX 件以上、計算予測に基づく新材料・新薬開発報告 X 件など、アウトプットを評価する。ただしこれは長期的指標で 2030 年以降の評価になる可能性もある。
- **予算・資源投入**: 投入した人的・財政的資源とアウトプットの比率も見て、効率性を評価する。例えば人材育成 1 名あたりコスト XX 万円といった指標を算出し、他国や他プロジェクトと比較する。これは改善の参考にもなる。

以上の KPI は一例であり、実際にはより詳細な指標体系を設計する。しかし重要なのは、それらを単なる数字目標で終わらせず、モチベーションの源とすることである。達成度を可視化することで関係者の士気を高め、問題があれば早期に発見・修正できる。この PDCA の Check 部分を徹底することで、本提言の成功率は格段に上がる事が期待できる。

7.4 フォローアップ体制

提言実行のフォローアップは、HPCI コンソーシアムの責務として継続的に行う。本節では具体的なフォローアップ体制を示す。

- **年次フォローアップ報告書**: 本提言の進捗を毎年レビューし、フォローアップ報告書を発行する。そこでは、各章の施策ごとに前年度達成状況、KPI 実績、課題、翌年計画修正点などを記載する【7.2 節】。この報告書を文部科学省や関係機関に提出し、必要な支援の継続・拡充を訴える材料とする。また対外的にも公開し、コミュニティ全体で進捗を共有する。報告書作成はフォローアップ委員会が責任を持ち、客観性確保のため外部評価コメントなども掲載する。
- **中間レビューと提言更新**: 2028 年度頃を目処に、本提言の中間レビューを実施する。これは半期 PDCA ではなく提言全体の見直しであり、社会状況や技術動向の変化に応じて目標値や施策内容をアップデートするものだ。場合によっては 2029 年度に「202X 年度提言」として新たな提言書をまとめ直す可能性もある。HPC 界は進歩が早く、AI の急速な発展など予測困難な事象もあるため、柔軟に提言自体を進化させる姿勢が重要である。

- **フォローアップ会議**: 前述の政策連絡会議や各施策連絡会議とは別に、HPCI コンソーシアム主導で**フォローアップ年次会議**を開催する。ここではコミュニティの広い層から意見を募り、提言実行の課題や要望を議論する。例えば、年次の HPCI ユーザ会合に合わせてフォローアップセッションを設け、公開の場で進捗報告と質疑を行う。ユーザから率直なフィードバックをもらい、改善策に繋げる場とする。
- **後継提言への引き継ぎ**: 2030 年近くになれば、次なる次世代(ポスト富岳 NEXT)の議論が始まる。HPCI コンソーシアムの提言活動もそれにシフトしていくが、本提言で打ち立てた仕組みや成果は後継提言にしっかりと引き継ぐ。例えば、人材育成策が恒常化すべきと判断されれば「HPC 人材育成センター常設を」と次の提言で打ち出す、成功した産業連携策は恒久制度化を図る等である。逆に上手くいかなかった点は次提言で再挑戦しないか検討する(やり方を変えるか撤退か判断)。このように、提言間でも知見を継承するフォローアップを行う。

フォローアップは地味ながら、提言という PDCA サイクルの A(Act)部分を担う重要なプロセスである。HPCI コンソーシアムはこれを怠らず、自ら課した目標に最後まで責任を持つ姿勢を示す。その結果、ユーザ・政府からの信頼も得られ、さらに次の提言・施策へと良い循環が生まれる。

8. あとがき

本提言は、HPCI システムの今後の運営の在り方に関する調査検討ワーキング・グループ(以下、WG)において、次世代計算基盤運用技術調査研究チームの研究代表や「富岳」運用技術チームの代表など、2024 年度ヒアリング対象者となった方々を WG 委員として迎え、HPCI システム構成機関(以下、システム構成機関)の意見を踏まえるとともに、2025 年度アンケートから HPCI のユーザの声を拾い、将来、次世代計算基盤を利用することになるユーザ、ならびにシステム構成機関としての立場として、ユーザビリティ向上のためにどのようなことが次期 NFS 及び NIS の整備・運用の上で求められるかについての議論と提言をまとめたものである。次世代計算基盤が、様々な科学的・社会的課題の解決を通して、より良い次世代社会の実現に貢献することが期待される。

9. 附録

本報告書は、HPCI 計画推進委員会における決定を受けて、高度情報科学技術研究機構内に設置された「HPCI システムの今後の運営の在り方に関する調査検討ワ

「キンググループ」において、一般社団法人 HPCI コンソーシアムが中心となり、調査・検討した結果を報告するものであることを付記する。

HPCI システムの今後の運営の在り方に関する調査検討ワーキンググループ委員リスト

主査	横田 理央	東京科学大学 情報基盤センター
副主査	朴 泰祐	筑波大学 計算科学研究センター
委員	合田 憲人	国立情報学研究所 アーキテクチャ科学研究系
委員	佐藤 三久	国立研究開発法人理化学研究所 計算科学研究センター 量子 HPC 連携プラットフォーム部門
委員	塩原 紀行	一般財団法人 高度情報科学技術研究機構
委員	茂本 勇	ダイキン工業株式会社 テクノロジー・イノベーションセンター
委員	庄司 文由	国立研究開発法人理化学研究所 計算科学研究センター 運用技術部門
委員	千葉 滋	東京大学 情報基盤センター
委員	藤堂 真治	東京大学 大学院理学系研究科
委員	塙 敏博	東京大学 情報基盤センター
委員	福澤 薫	大阪大学 大学院薬学研究科
委員	堀 高峰	国立研究開発法人海洋研究開発機構 海域地震火山部門 地震津波予測研究開発センター

※50 音順

※オブザーバ:文部科学省研究振興局参事官(情報担当)付、伊藤聰(HPCI コンソーシアム理事長)、森雅博(RIST 神戸センター長)、西一成(HPCI コンソーシアム・事務スーパーバイザー)、その他 HPCI コンソーシアムメンバで希望する者

検討の記録

令和 7 年(2025 年)5 月 30 日(金)

第 90 回理事会

- ・令和 7 年度 HPCI コンソーシアム理事の業務分担の決定
- ・調査検討 WG の実施方針(テーマ、検討期間、検討委員)を確認

令和 7 年(2025 年)7 月 14 日(月)	第 1 回調査検討 WG
・次世代の計算基盤に関する政府の動向について文部科学省から報告	
・令和 7 年度 WG 計画について検討	
令和 7 年(2025 年)8 月 8 日(金)	第 2 回調査検討 WG
・令和 7 年度 WG 報告書案(提言案)の検討(1)	
令和 7 年(2025 年)8 月 29 日(金)	第 3 回調査検討 WG
・令和 7 年度 WG 報告書案(提言案)の検討(2)	
令和 7 年(2025 年)9 月 30 日(火)	第 4 回調査検討 WG
・令和 7 年度 WG 報告書案(提言案)の検討(3)	
令和 7 年(2025 年)10 月 17 日(金)	第 91 回理事会
・調査検討 WG の進捗を確認	
令和 7 年(2025 年)10 月 23 日(木)	成果報告会
・調査検討 WG からの情報提供	
・アンケートの実施	
令和 7 年(2025 年)11 月 5 日(水)	第 5 回調査検討 WG
・令和 7 年度 WG 報告書案(提言案)の検討(4)	
令和 7 年(2025 年)12 月 23 日(火)	第 6 回調査検討 WG
・令和 7 年度 WG 報告書案(提言案)の検討(5)	
令和 8 年(2026 年)1 月 7 日(水)	第 7 回調査検討 WG
・令和 7 年度 WG 報告書案(提言案)の検討(6)	
令和 8 年(2026 年)1 月 20 日(火)	第 92 回理事会
・調査検討 WG の進捗を確認	
令和 8 年(2026 年)1 月 21 日(水)	意見交換会
・令和 7 年度 WG 報告書案(提言案)についての意見聴取	
令和 8 年(2026 年)2 月 24 日(火)	第 8 回調査検討 WG

・令和 7 年度 WG 報告書案(提言案)の検討(7)

令和 8 年(2026 年)3 月 26 日(木)

第 9 回調査検討 WG

・令和 7 年度 WG 報告書案(提言案)の検討(8)

令和 8 年(2026 年)3 月??日(?)

第 93 回理事会

・令和 7 年度 WG 報告書案(提言案)の確認