

富岳の運用改善に向けた取り組み

理化学研究所 計算科学研究センター
HPCI計画推進委員会

世界トップレベルのHPC基盤環境を目指して

- 理研R-CCS 第4期中長期計画におけるコミットメント
 - 「富岳」による研究活動を支える共通基盤技術の整備や、利用の高度化研究、世界最高水準の運用技術の開発を行う
- 実現に向けて
 - R-CCS研究チームと運用技術部門の緊密な連携によるHPCシステム/インフラの利用技術および運用技術に関する先端的な研究開発を推進し、世界をリードする
 - 国内外のHPC/情報基盤センターとの連携による上記技術の高度化と成果の普及促進を目指すと共にHPCIのさらなる高度化を実現する
 - 民間の大規模クラウド事業者等との連携により、多様な利用ニーズに対応できるHPC利用サービスを実現すると共に「富岳」プロジェクトにおいて培ってきたテクノロジーを広く世の中に波及させる

「富岳」の運用改善に向けた取り組み

- 「富岳」の開発は終了したが、研究活動を支える共通基盤として有効に機能させるためには、システムの改善・高度化は今後も継続して進める必要がある
- 理研R-CCSは「富岳」の設置者としての責務を果たすため、研究チームおよび運用技術部門等で構成される体制を整備し、国内外のHPC/情報基盤センターと連携しつつ、上記に資する研究開発を推進している
- 「富岳」の運用改善に資する取り組みとして、今回は以下のテーマについて紹介する
 - ソフトウェア開発・改善の継続的な推進
 - 省エネルギー化・カーボンニュートラル化に資する取り組み
 - カスタマーエクスペリエンス（CX）の改善・高度化
 - 先端的サービス／運用技術の普及によるHPCIの高度化

コンティニューアスベンチマーキングによる富岳性能の見える化

● 富岳ベンチマーキング活動の目的

- 富岳高度化の一環として、富岳の各種ソフトウェアのバージョン毎の性能比較や性能安定性検証のため、簡便かつ定常的に実施可能な様々なアプリ群からなるベンチマーキング環境を構築中
- 性能だけではなく、省電力機能の有効性やスレッドスケジューリングの影響等も調査
 - 取得データは富岳運用の省エネルギー化に向けた定量的指標として利用中
- 今年度には定期的にベンチマーキング評価を行う予定（regression test）
- 可能な限り他プラットフォームとの比較も検討中
- 富岳次世代機開発に向けたFeasibility Studyでも利用予定

● ベンチマーキングアプリケーションの選定

- R-CCSの計算科学系チームへのヒアリングをもとにR-CCS開発アプリと関連アプリ群を選定
- その他代表的なHPCベンチマークアプリ（Top500関連、SPEC、ML Perf., ECP Proxy Appsなど）

● 他計算資源についても可能な限り評価

- Intel Xeon IceLake/CascadeLake、AMD Milan-X、NVIDIA A100, AMD MI200など

● 他機関とも連携

- 米国DoE：ベンチマーキング用カーネルの開発やベンチマーキング手法の検討
- 第二階層センター群：共同での評価環境構築やベンチマーキング結果の共有（予定）

性能最適化情報の集約と公開

● A64FXチューニング技術検討会

- 富岳上の性能最適化の知見を持つ研究者／技術者が、（一般論にこだわらず）特定ケースの最適化事例を紹介
- 英語、すべて公開、誰でも参加可。これまで8回実施。RIST/R-CCS共催
 - https://www.hpci-office.jp/pages/e_meetings_A64FX
 - https://join.slack.com/t/meetingforapp-16k4753/shared_invite/zt-ms93bjpy-BOGm1bvDsTTSJd5bsWL18g

● 性能リファレンス情報およびプログラミングガイド(富岳ポータルで公開)

- ファイルI/O: https://www.fugaku.r-ccs.riken.jp/doc_root/ja/user_guides/perf/Perf-FS.pdf
- MPI関数: https://www.fugaku.r-ccs.riken.jp/doc_root/ja/user_guides/perf/Perf-MPI.pdf
- プログラミングガイド: https://www.fugaku.r-ccs.riken.jp/docs/guides_r01#programing-guide

● TIPSの集約と公開

- フランクな議論の場→Slack、整理された情報→wikiを整備中

例) ポインタ型の配列 (contiguous属性をつける、型を変える、tanhやmodulo等の関数 (expに置き換える)、最内ループにIF文が含まれるケースの一部 (IFをループから出す)

▼ List of meetings		
The following is an exhaustive list of the meetings.		
Meeting	Date	Topics
The first meeting for application code tuning on A64FX computer systems	December 9, 2020	Performance tuning of Graph500 benchmark on Supercomputer Fugaku A64FX Tuning - SCALE on Fugaku -
The second meeting for application code tuning on A64FX computer systems	December 23, 2020	LQCD tuning on A64FX Optimization of GENESIS on Fugaku
The 3rd meeting for application code tuning on A64FX computer systems	February 3, 2021	Development of Massively Parallel DMRG for Fugaku HPL-AI benchmark on Fugaku
The 4th meeting for application code tuning on A64FX computer systems	March 17, 2021	Development of EigenExa from K to Fugaku, and beyond Fugaku Development of a deep neural network library for A64FX
The 5th meeting for application code tuning on A64FX computer systems	April 27, 2021	Performance tuning on LAMMPS for A64FX system CPU and Thread Parallelization Tuning of FFVHC-ACE on Fugaku
The 6th meeting for application code tuning on A64FX computer systems	June 30, 2021	Overview of Software Environment on Fugaku VELOC: Very Low Overhead Checkpointing System Hands-on session on VELOC
The 7th meeting for application code tuning on A64FX computer systems	January 27, 2022	Basic Performance of File system on Fugaku Basic Performance of Fujitsu MPI on Fugaku
The 8th meeting for application code tuning on A64FX computer systems	April 28, 2022	performance tuning and analysis for the axhelm kernel in NeK5000/RS CFD codes Performance tuning of N-body kernel for A64FX processor

コンパイラを含む言語環境の持続可能な開発体制の構築

- 開発ターゲットをオープンソースベースのコンパイラ（具体的にはLLVM）に変更する
 - 富岳用コンパイラもC/C++は富士通コンパイラにLLVM（Ver.7ベース）を組み込み
 - 他の主要コンパイラも軒並みLLVMベースに移行済あるいは移行中
 - これまで富士通コンパイラに適用された技術および今後適用する改修も可能な限り、本家にフィードバック
- 理研としては、
 - 自前の開発体制を整備し、改善・高度化をリード
 - Arm、Amazon等、Arm+SVEのエコシステムの価値を共有できる者との連携を模索

省エネルギー化・カーボンニュートラル化に資する取り組み

- 昨今の情勢を踏まえ、省エネルギー化およびカーボンニュートラル化に資する取り組みは最重要かつ喫緊の課題のひとつと認識
- 「富岳」は、開発時の目標を大幅に下回るエネルギー消費での運用をすでに達成しているものの、さらなる省エネルギー化・カーボンニュートラル化に向けた運用改善に今後とも積極的に取り組む
- 具体的な施策は以下の通り

- 「富岳」の省電力機能を積極的に活用した運用の確立

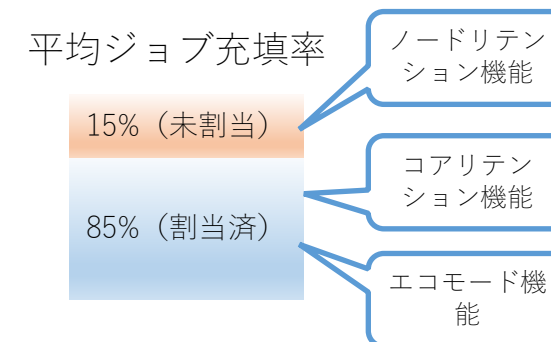
- ジョブが割当たっていないノードの待機電力の削減（ノードリテンション機能）※一部適用済
- ジョブ実行時における遊休資源の消費電力の削減（コアリテンション機能）※一部適用済
- ユーザーレベルでのパワーノブの活用による削減（エコモード機能）※今後適用予定

※急激な電力変動に対する冷却設備の制約、利用者への負担、工数・コスト等も考慮しつつ運用に落とし込む必要あり

- 定量的な施設運用の評価分析手法の確立とそれに基づくエネルギー消費およびCO2排出量の削減に資する運用改善

- 運用データ解析（Operational Data Analytics）に基づく施設運用の評価・分析による見える化の促進
- Modelca、Simlink等のモデリング/シミュレーションツールを活用した施設のデジタルツイン化

- Energy Efficient HPC Working Group (EEHPC WG)への参画による国外の主要HPCセンターとの連携強化と先端的取り組みの共有



カスタマーエクスペリエンス (CX) の改善・高度化

- 「富岳」が計算科学の基盤として有効に機能するためには、利用者に対して利用環境の継続性を担保する仕組みが不可欠（多くの情報基盤センターやSPRING-8等では一般的）

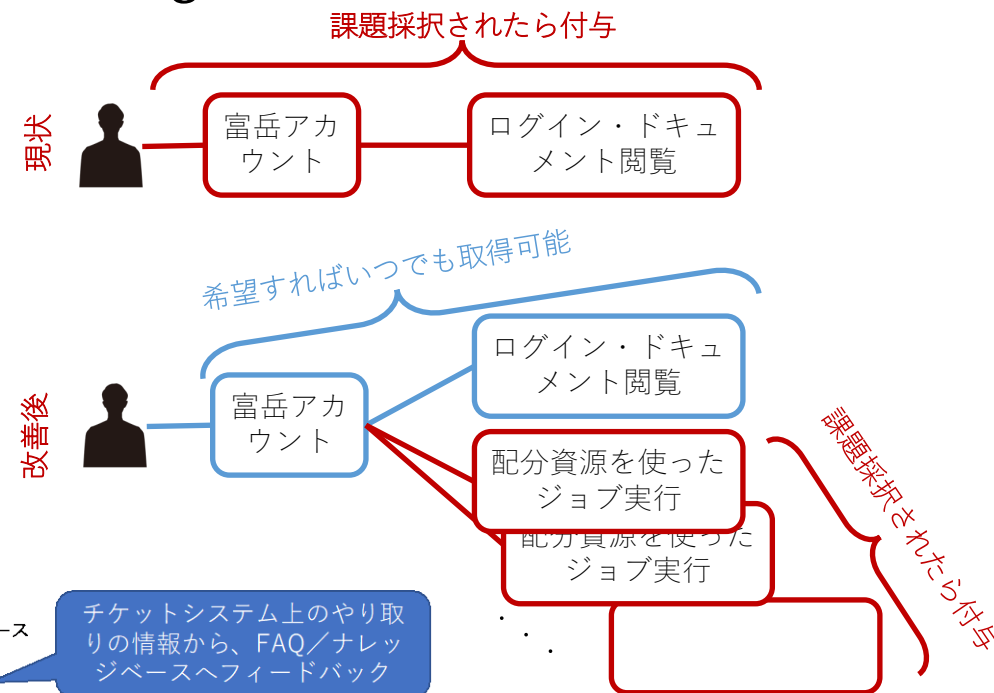
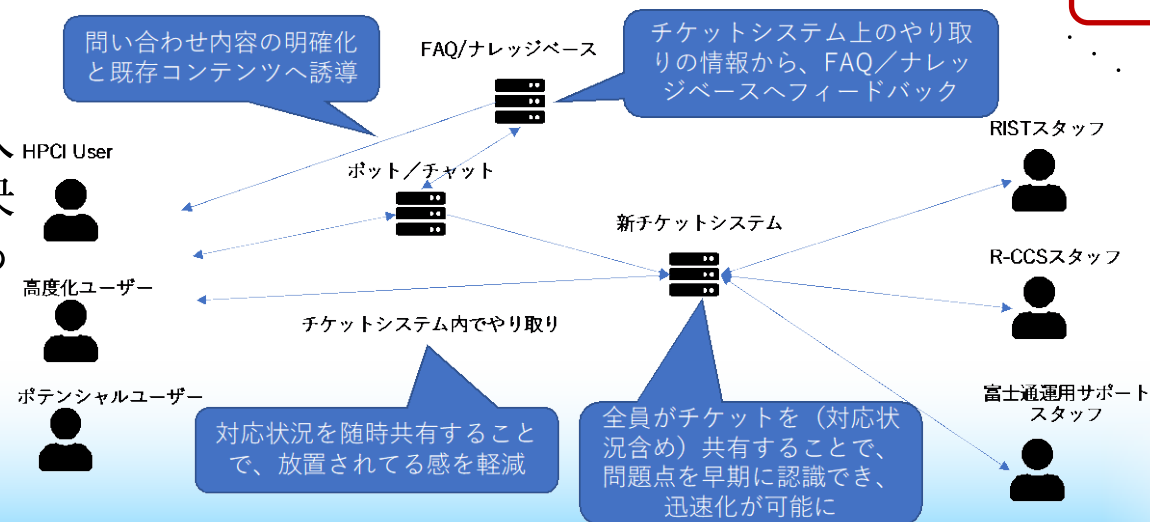
- 継続的な利用の促進に資するアカウント発行ルールの改善

- 課題審査に基づく計算資源の配分と、アカウント発行を分離

- 富岳アカウントは希望すればいつでも取得可能（有効期限あり）で、課題採択された時点で計算資源が紐付けられる（課題の採択状況と関係なく最低限の利用環境は保証される）

- 問い合わせ対応の高度化

- 新チケットシステムを導入し、利用者による自己解決へのサポートを主眼とする利用者対応への転換



先端的サービス／運用技術の普及によるHPCIの高度化

- MOU等に基づくセンター間連携の強化および人材交流の促進
 - 東京工業大学学術情報国際センターおよび東京大学情報基盤センターと運用技術の開発、普及を目的のひとつとしたMOUを締結し、数名を客員研究員として招聘
 - 今後、HPCIの他センターや国外のHPCIセンターに拡大していく予定
 - 詳細な運用データと分析手法の共有による高効率運用に資する運用技術の普及
- 先端的なHPC利用サービスの開発と普及
 - 「富岳」のクラウド的利用の成果も踏まえつつ、複数のHPCシステムを透過的かつ直感的に利用できる計算サービスを開発し、広く展開することでHPCIの高度化を実現する