

「富岳」の開発状況等について

- 令和2年度政府予算案について
- スーパーコンピュータ「富岳」に関する役割分担
- 「富岳」の利用促進業務実施機関について
- 「富岳」成果創出加速プログラムについて

文部科学省 計算科学技術推進室

スーパーコンピュータ「富岳（ふがく）」（ポスト「京」）の製造・システム開発

令和2年度予算額(案)
(前年度予算額)

5,975百万円
5,671百万円



文部科学省

令和元年度補正予算額

14,400百万円

背景・課題

- 全ての人とモノがつながり、今までにない新たな価値を生み出す超スマート社会の実現を目指す Society 5.0においては、シミュレーションによる社会的課題の解決や人工知能（AI）開発及び情報の流通・処理に関する技術開発を加速するために、スーパーコンピュータ等の情報基盤技術が必要不可欠。
- 米国、中国、欧州においても、エクサ（ 10^{18} ）級のスパコン開発及び関連するソフトウェア研究開発が進められており、我が国でも世界最高水準のスパコン開発が急務。

事業概要

【事業の目的】

- 我が国の科学技術の発展、産業競争力の強化に資するため、イノベーションの創出や国民の安全・安心の確保につながる最先端の研究基盤として、令和3年度の運用開始を目標に、世界最高水準の汎用性のあるスーパーコンピュータの実現を目指す。



「富岳」を構成するコンピュータラックのイメージ

【事業の概要】

- システムとアプリケーションを協調的に開発することにより、世界最高水準の汎用性、最大で「京」の100倍のアプリケーション実効性能を目指す。
- アプリケーションの対象として、健康長寿、防災・減災、エネルギー、ものづくり分野等の社会的・科学的課題を選定。
- 消費電力：30～40MW（「京」は12.7MW） ○ 国費総額：約1,100億円

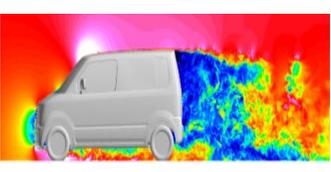
【「富岳」での取り組み】

○シミュレーション研究

最大で「京」の100倍のアプリケーション実効性能により「高解像度」「長時間」「大規模」「多数ケース」のシミュレーションが可能。
身近な社会的課題の解決から、基礎科学の理解に至る様々なインパクトがもたらされると期待。



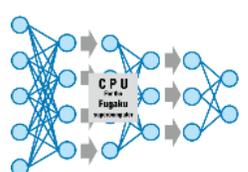
全球の気象シミュレーション



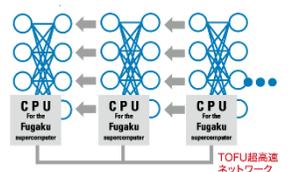
自動車の空カシミュレーション

○AI,データサイエンス研究

次世代の深層学習によるAIは莫大な計算量を要するため、大規模なスパコンが必要。「富岳」は深層学習の中心である「畳み込み演算」の性能が高いCPUが、通信性能のよいネットワークで接続されており、AIやデータサイエンスの研究にも活用されることが期待。



CPUの畳み込み演算性能が高い



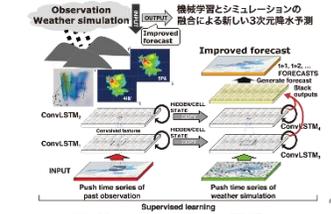
ネットワーク通信性能が高く、超並列化が可能

○シミュレーションとAI・データ科学の融合

シミュレーションに必要なパラメータのAIによる探索、時間を追うシミュレーションの「続き」をAIにより実施、多数のシミュレーション結果を学習データとしてAIが活用、といったシミュレーションとAI・データ科学の融合を世界最高水準で実施することが可能。



社会シミュレーションとAI



高精度3次元降水予測

【システムの特徴】

世界最高水準の

- ★消費電力性能
- ★計算能力
- ★ユーザーの利便・使い勝手の良さ
- ★画期的な成果の創出

⇒ 総合力のあるスーパーコンピュータ



理化学研究所計算科学研究センター（兵庫県神戸市）



スパコンの省エネ性能を示すランキング（Green500）で「富岳」の試作機が世界1位を獲得

	FY2014 (H26)	FY2015 (H27)	FY2016 (H28)	FY2017 (H29)	FY2018 (H30)	FY2019 (R元)	FY2020 (R2)	FY2021 (R3)
システム	基本設計	試作・詳細設計			製造・調整		運用	調整
アプリケーション	アプリケーション開発・研究開発						成果創出	

事業目的

- 「富岳」を中核とし、多様な利用者のニーズに応える革新的な計算環境（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）を構築し、その利用を推進することで、我が国の科学技術の発展、産業競争力の強化、安全・安心な社会の構築に貢献する。

事業概要

1. 「富岳」の運営等 12,555百万円（8,064百万円）

- 「富岳」のソフトウェア調整等のために安定的な運用を行うとともに、「富岳」を用いた成果創出の取組に着手する。

【期待される成果例】

★健康長寿社会の実現

★高速・高精度な創薬シミュレーションの実現による新薬開発加速化



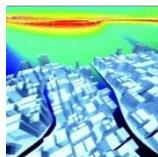
★医療ビッグデータ解析と生体シミュレーションによる病気の早期発見と予防医療の支援実現

★防災・環境問題

★気象ビッグデータ解析により、竜巻や豪雨を的確に予測

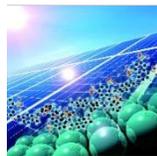


★地震の揺れ・津波の進入・市民の避難経路をメートル単位でシミュレーション



★エネルギー問題

★太陽電池や燃料電池の低コスト・高性能化や人工光合成メタンハイドレートからメタン回収を実現

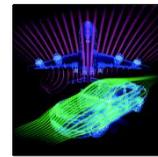
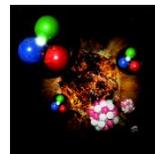


★電気自動車のモーターや発電機のための永久磁石を省レアメタル化で実現



★基礎科学の発展

★宇宙でいつどのように物質が創られたのかなど、科学の根源的な問いへの挑戦



★産業競争力の強化

★次世代産業を支える新デバイスや材料の創成の加速化



★飛行機や自動車の実機試験を一部代替し、開発期間・コストを大幅に削減

2. HPCIの運営 1,999百万円（2,059百万円）

- 国内の大学等のスパコンを高速ネットワークでつなぎ、利用者が一つのアカウントにより様々なスパコンやストレージを利用できるようにするなど、多様なユーザーニーズに応える環境を構築し、全国のユーザーの利用に供する。令和2年度においても、「京」停止後の計算資源の提供を引き続き実施する。

≪HPCIを利用した論文等≫

- 累計 7,961件
- バイオ、物質・材料、防災・減災、ものづくり、宇宙・素粒子、数理科学など広範な分野に及ぶ。



スーパーコンピュータ「富岳」に関する役割分担

◆文部科学省(HPCI計画推進委員会)

- ・ HPCIコンソーシアムの提言を踏まえ、共用の促進に関する基本的方針を策定。【共用法第4条】
- ・ 理研、登録機関が作成する「富岳」の利用促進、運用等に関して、基本的方針等に沿っているか確認。
- ・ 「富岳」を用いた成果創出に向けた取組を実施。特に富岳成果創出PJでは、個別課題の研究開発実施機関を選定し、「富岳」の計算資源を優先的に使用させる。また、PJ全体に係る広報、個別課題の評価・審査の支援、領域総括の支援等、事業全体で実施した方が効果的、効率的と思われる内容を実施する管理法人を選定する。
- ・ 上記のうち、主な事項については、HPCI計画推進委員会で意見を聴取、方向性に反映。また、必要に応じて委員会の下にワーキンググループ等を設置して検討を行うことができる。
- ・ 登録機関を募集するとともに、その中から利用選定業務、利用支援業務を実施する機関を選定。【共用法第8条等】

◆HPCIコンソーシアム

- ・ コミュニティの代表機関として、ユーザーや資源提供機関等の「富岳」に対する意見を集約。
- ・ 上記を踏まえ、「富岳」の利用促進、運用、成果創出等に関する取組等の基本的な方向性について文科省に提言(詳細については提言をふまえて文科省、理研、登録機関が検討)。

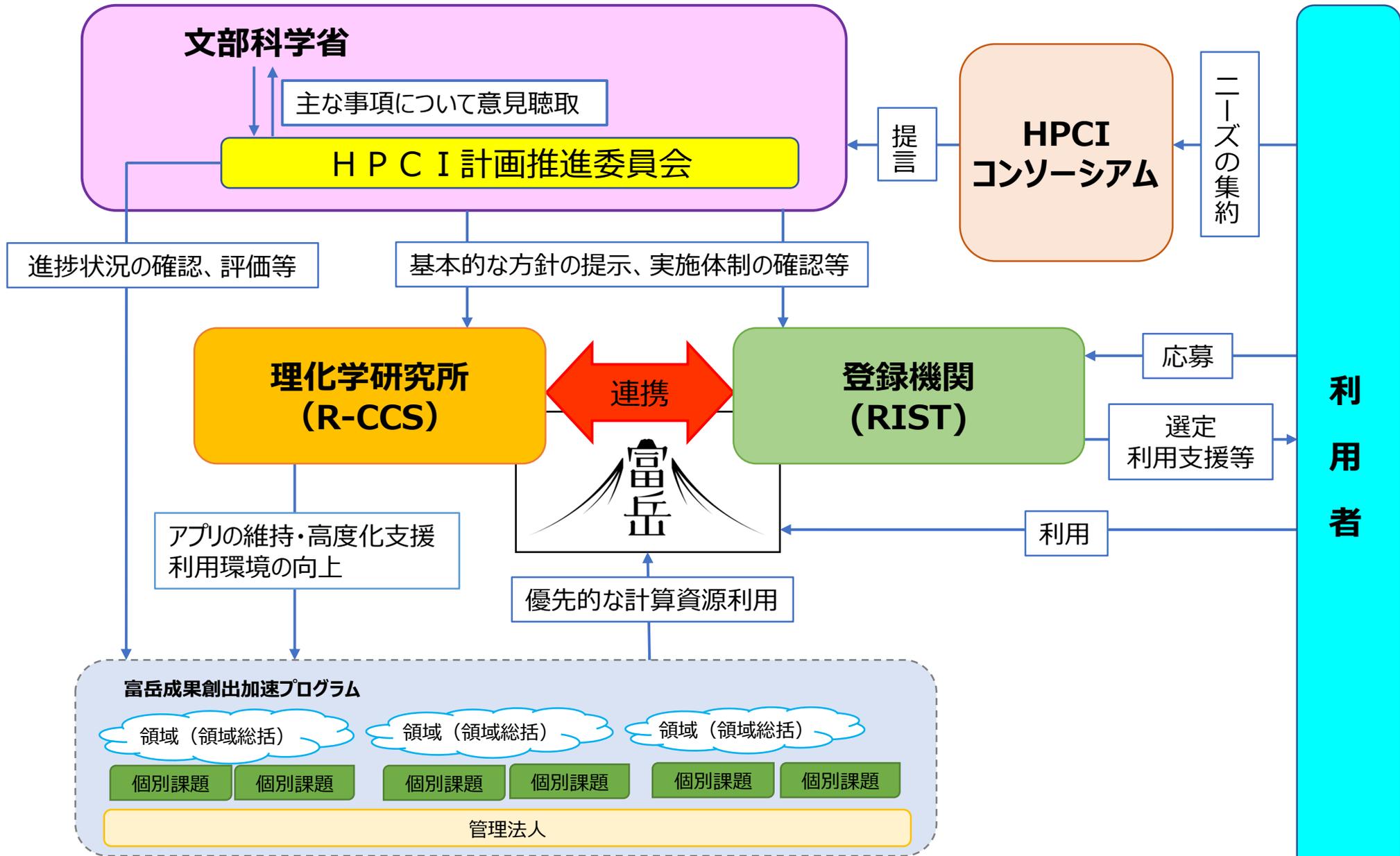
◆理化学研究所

- ・ 「富岳」の設置者として、登録機関が実施する利用促進業務を除く「富岳」の運用、共用及びこれらに附帯する業務を行う。【共用法第5条第1項等】
- ・ 文科省が示す基本的方針に沿って、登録機関と連携しながら「富岳」の利用環境の構築・整備、運用ルール具体化を行う(利用促進業務に関するところを除く)。
- ・ 共用の促進に関する基本的方針の中でHPCIの中核的な役割を果たすことが期待されている人材育成、利用環境の整備、アプリの高度化、成果の積極的な発信等について富岳成果創出PJ等と密接に連携して実施。

◆登録施設利用促進機関(登録機関)

- ・ 利用促進業務(利用支援業務、利用選定業務等)を行う。【共用法第8条第1項等】
- ・ 文科省が示す基本的方針に沿って、理化学研究所と連携しながら「富岳」の利用促進業務の具体化を行う。その際、HPCIコンソーシアムからの提言を尊重する。

スーパーコンピュータ「富岳」に関する関係機関 概要図



一般社団法人HPCIコンソーシアムの概要

<経緯> ○平成22年7月、HPCI準備段階コンソーシアム発足。HPCIの構築・運用とコンソーシアムの形成に向け検討。平成24年1月30日に最終報告をとりまとめ、法人発足に向け準備開始。

○平成24年4月2日、一般社団法人化。同年6月6日第1回社員総会を開催。

<理念> ○計算科学技術に関わる全ての者（計算科学技術関連コミュニティ）に開かれたものであること

<活動内容>

○計算科学技術に関わるコミュニティの幅広い意見集約の場として、HPCIシステムの整備・運用方針や我が国の計算科学技術の振興策並びに将来のスーパーコンピューティング等について検討し、国や関係機関に提言すること。

【理事長】加藤 千幸（重点課題8「近未来型ものづくりを先導する革新的工場・製造プロセスの開発」）【副理事長】常行 真司（重点課題7「次世代の産業を支える新機能デバイス・高性能材料の創成」）

ユーザコミュニティ代表機関（16機関）

【ポスト「京」重点課題】

- 池口 満徳 課題1「生体分子システムの機能制御による革新的創薬基盤の構築」
- 宮野 悟 課題2「個別化・予防医療を支援する統合計算生命科学」
- 堀 宗朗 課題3「地震・津波による複合災害の統合的予測システムの構築」
- 高橋 桂子 課題4「観測ビッグデータを活用した気象と地球環境の予測の高度化」
- 岡崎 進 課題5「エネルギーの高効率な創出、変換・貯蔵、利用の新規基盤技術の開発」
- 常行 真司 課題7「次世代の産業を支える新機能デバイス・高性能材料の創成」
- 加藤 千幸 課題8「近未来型ものづくりを先導する革新的設計・製造プロセスの開発」
- 青木 慎也 課題9「宇宙の基本法則と進化の解明」

【国公立大学・国立大学附置研究所・大学共同利用機関法人】

- 小川 真人 神戸大学
- 石黒 静児 自然科学研究機構核融合科学研究所
- 坪木 和久 名古屋大学 太陽地球環境研究所

【国立研究開発法人】

- 高木 亮治 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

【上記以外の機関】

- 安井 宏 公益財団法人計算科学振興財団
- 坂田 恒昭 特定非営利活動法人バイオグリッドセンター関西
- 伊藤 宏幸 スーパーコンピューティング技術産業応用協議会
- 坪倉 誠 理化学研究所産業連携本部HPCを活用した自動車用次世代CAEコンソーシアム

アソシエイト会員（16機関）

【国公立大学・国立大学附置研究所・大学共同利用機関法人】

- 小久保 英一郎 自然科学研究機構国立天文台 天文シミュレーションプロジェクト
- 佐々木 節 京都大学 基礎物理学研究所
- 太田 勲 兵庫県立大学

【国立研究開発法人】

- 姫野 龍太郎 国立研究開発法人理化学研究所 情報基盤センター
- 高橋 桂子 国立研究開発法人海洋研究開発機構 地球情報基盤センター
- 武宮 博 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 システム計算科学センター
- 潮田 資勝 国立研究開発法人物質・材料研究機構

【上記以外の機関】

- 大林 茂 一般社団法人日本航空宇宙学会
- 江村 克己 一般社団法人情報処理学会
- 前田 英作 一般社団法人電子情報通信学会 情報・システムソサイエティ
- 岡本 久 一般社団法人日本応用数理学会
- 加藤 和彦 一般社団法人日本ソフトウェア科学会
- 田村 哲郎 一般社団法人日本流体力学会
- 田中 秀樹 分子シミュレーション研究会
- 井口 寧 サイエントフィック・システム研究会
- 高林 徹 NEC・C&CシステムSP研究会

HPCIシステム構成機関（20機関）

【国立大学情報基盤センター等】

- 棟朝 雅晴 北海道大学 情報基盤センター
- 小林 広明 東北大学 サイバーサイエンスセンター
- 朴 泰祐 筑波大学 計算科学研究センター
- 田浦健次郎 東京大学 情報基盤センター
- 伊東 利哉 東京工業大学 学術国際情報センター
- 森 健策 名古屋大学 情報基盤センター
- 中島 浩 京都大学 学術情報メディアセンター
- 下條 真司 大阪大学 サイバーメディアセンター
- 小野 謙二 九州大学 情報基盤研究開発センター

【国立大学・国立大学附置研究所・大学共同利用機関法人】

- 保坂 淳 大阪大学 核物理研究センター
- 川島 直輝 東京大学 物性研究所
- 久保 百司 東北大学 金属材料研究所
- 川崎 能典 情報・システム研究機構 統計数理研究所
- 江原 正博 自然科学研究機構分子科学研究所 計算科学研究センター
- 真鍋 篤 高エネルギー加速器研究機構 共通基盤研究施設・計算科学センター
- 喜連川 優 情報・システム研究機構 国立情報学研究所

【国立研究開発法人】

- 松岡 聡 国立研究開発法人理化学研究所 計算科学研究センター
- 関口 智嗣 国立研究開発法人産業技術総合研究所 情報技術研究部門
- 藤田 直行 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 セキュリティ・情報化推進部

【上記以外の機関】

- 関 昌弘 一般財団法人高度情報科学技術研究機構

52 機関（令和元年12月現在）

特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律(概要)

(平成6年6月29日法律第78号)



特定放射光施設 SPring-8 & SACLA



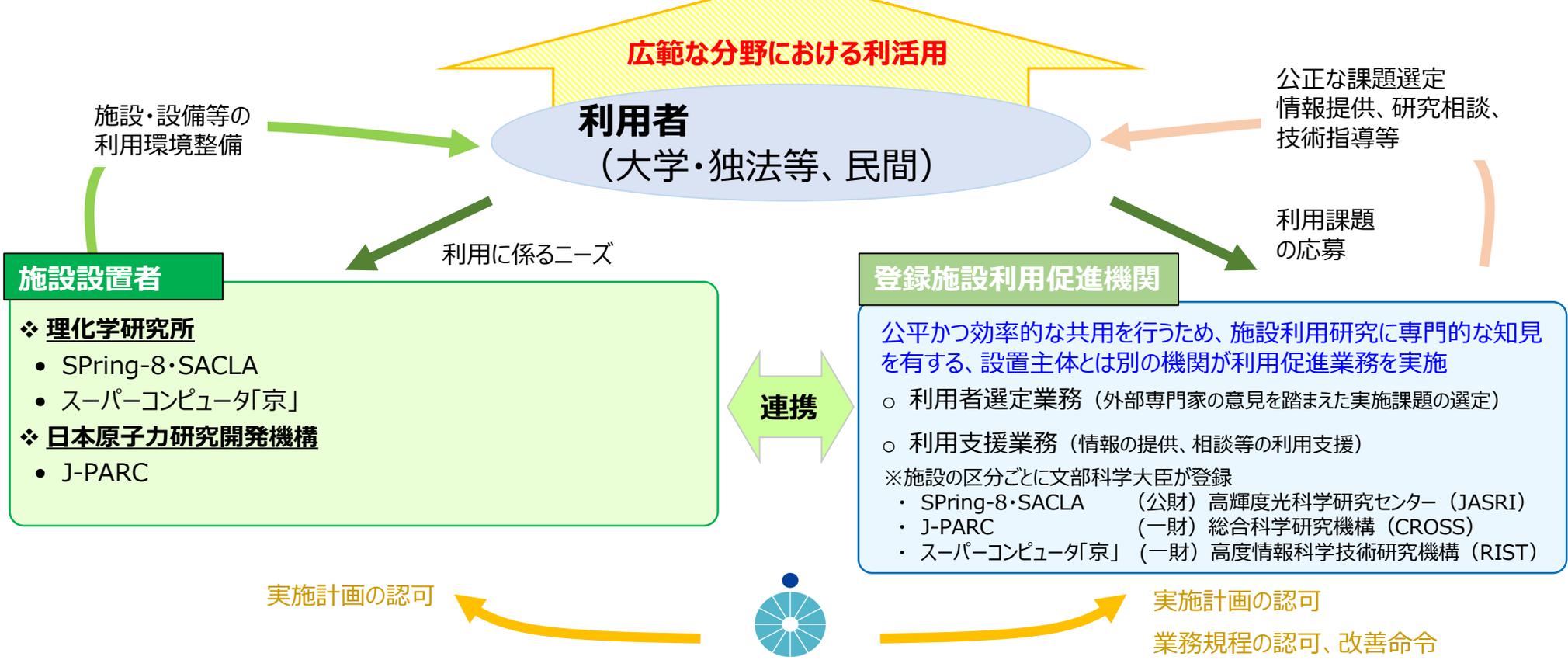
特定中性子線施設
J-PARC中性子線施設



特定高速電子計算機施設
スーパーコンピュータ「京」

「特定先端大型研究施設」

世界最高レベルの性能を有し広範な分野における多様な研究等に活用されることによりその価値が最大限に発揮される大規模な研究施設



国 (文部科学省) : 共用の促進に関する基本的な方針の策定

共用法、基本方針 関連部分抜粋

◆登録施設利用促進機関

《特定先端大型研究湿雪の共用の促進に関する法律》

第八条 文部科学大臣は、その登録を受けた者（以下「登録施設利用促進機関」という。）に、第五条の規定により特定先端大型研究施設の設置者として理化学研究所及び日本原子力研究開発機構が行うものとされた業務のうち、次に掲げる業務の全部（文部科学省令で定める特定先端大型研究施設の利用の区分に従い、登録施設利用促進機関が次に掲げるいずれの業務も行う場合は、その部分）を行わせることができる。

一 施設利用研究を行う者の選定及びこれに附随する業務（以下「利用者選定業務」という。）を行うこと。

二 施設利用研究の実施に関し、情報の提供、相談その他の援助（以下「利用支援業務」という。）を行うこと。

2 前項の登録（以下「登録」という。）は、第二条第二項各号に掲げる特定先端大型研究施設ごとに、利用者選定業務及び利用支援業務（以下「利用促進業務」という。）を行おうとする者の申請により行う。

第九条 理化学研究所は、文部科学大臣が前条第一項の規定により利用促進業務の全部又は一部を登録施設利用促進機関に行わせることとしたときは、当該業務を行わないものとする。

2 登録施設利用促進機関が利用促進業務を行う場合においては、理化学研究所及び当該登録施設利用促進機関は、当該利用促進業務が円滑に実施されるよう、相互に連携を図らなければならない。

3 前二項の規定は、日本原子力研究開発機構について準用する。

◆HPCIコンソーシアム

《共用の促進に関する基本方針 前文》

H P C I はスーパーコンピュータを利用する機関等からなるコンソーシアム（以下「H P C I コンソーシアム」という。）が主導して構築し、世界最高水準の成果創出と成果の社会還元を推進する基盤となることをその趣旨としている。

H P C I コンソーシアムにおいては、平成二十二年七月の発足以来、H P C I の整備の在り方を議論する中で、特定高速電子計算機施設の共用の促進についても検討を重ねてきたところである。その検討の結果も踏まえ、特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律（以下「共用法」という。）第四条第一項の規定に基づき、この方針を定めるものである。

第一 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向

特定高速電子計算機施設が、H P C I の中核として、我が国の科学技術の振興や国際競争力の向上に寄与していくためには、研究者等にとって魅力のある施設となり、多くの研究者等により積極的に活用され、優れた研究成果を世界に向けて発信できる拠点となる必要がある。このために、理化学研究所が、利用促進業務を行う登録施設利用促進機関（以下「登録機関」という。）及びH P C I コンソーシアムと連携・協力し、一体となって大きな役割を果たすことが重要である。

一 特定高速電子計算機施設の共用の促進については、利用者側視点に立ったコンソーシアム主導によるH P C I 構築の趣旨に適合するものでなければならない。

「富岳」の利用促進業務実施機関について

1. 概要

- 特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律第8条に規定される、スーパーコンピュータ「富岳」の利用促進業務（利用者選定及び利用支援）を実施する登録施設利用促進機関（以下、「登録機関」という。）について、文部科学省に設置した選定審査委員会による審査を経て、一般財団法人高度情報科学技術研究機構（R I S T）を選定した。
- 選定審査委員会において、以下のような指摘があった。
 - ✓「京」の例にとらわれず、様々なプロセスを改善し続けること
 - ✓課題の募集について、弾力的な運用を実施すること
 - ✓P D C Aサイクルを機関内でしっかりまわすこと

2. 経緯

令和元年9月17日 登録機関の新規募集開始

令和元年11月8日 登録機関の新規申請締め切り（R I S Tのみ応募）

令和元年12月12日 利用促進業務実施機関の選定審査委員会を開催、R I S Tからヒアリングを行い、質疑・審査を実施

令和2年1月7日 利用促進業務実施機関の決定、通知

【参考：選定審査委員会 委員】

天野 英晴 慶應義塾大学理工学部情報工学科教授

大石 進一 早稲田大学理工学術院教授

河合 理文 株式会社 I H I 技術開発本部技術基盤センター技師長

田中 良太郎 公益財団法人高輝度光科学研究センター常務理事

藤井 孝藏 東京理科大学工学部情報工学科教授

松尾 亜紀子 慶應義塾大学理工学部機械工学科教授

スーパーコンピュータ「富岳」成果創出加速プログラム



文部科学省

1. 背景

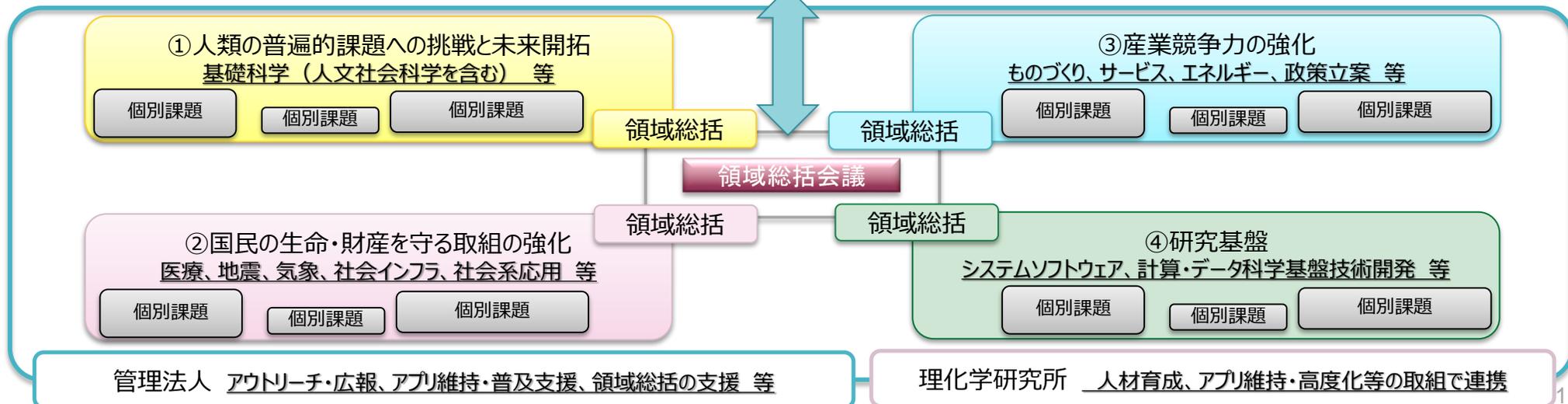
- 計算機の発展に伴い進展してきたシミュレーションとAI・データ科学について、多くの分野ではこの2つの手法を融合・連携させる科学技術の新たなパラダイムへの挑戦が始まっている。また、他国においても、2021年にエクサFLOPS級の計算機を開発するとともに、その計算資源をAI・データ科学に優先的に振り向けることが表明されている（米国 AI イニシアティブ、欧州 Horizon2020等）。このように、AI・データ科学分野も含めた大規模計算機のいち早い利活用が我が国の科学技術力再生の成否の鍵。
- 早ければ2021年の運用開始を目指して開発が進められている「富岳」において、京の最大100倍の実効性能を目指したシステムとその上のアプリケーションがCo-designによって開発されている。その成果を最大限活用し、2020年度から試行的利用を通して、シミュレーションを中心とする計算科学とAIやデータ科学を組み合わせた新たな科学的パラダイムを構築し、早期に成果を創出することが可能。

2. 事業概要

- ・ ① 人類の普遍的課題への挑戦と未来開拓、② 国民の生命・財産を守る取組の強化、③ 産業競争力の強化、④ 研究基盤の4領域を設ける。
- ・ 領域ごとに定められた選定基準に基づき、個別課題を採択。また、領域ごとに個別課題間の連携、成果創出に向けた取組等について文科省に助言を行う領域総括を設置するとともに、事業全体の方向性や領域を超えた連携について検討する領域総括会議を設置。さらに、アウトリーチ・広報活動、アプリケーションソフトウェア群の維持・高度化・普及の支援、領域総括による中長期的な視野に基づく指導等を実施する管理法人を設ける。
- ・ 選定された課題は、スーパーコンピュータ「富岳」の計算資源を優先的に無償で使用。



文部科学省



令和2年度～4年度の実施課題一覧

課題名	研究代表者（所属 ※2/28現在）
領域① 人類の普遍的課題への挑戦と未来開拓	
量子物質の創発と機能のための基礎科学 —「富岳」と最先端実験の密連携による革新的強相関電子科学	今田 正俊（早稲田大学理工学術院総合研究所）
全原子・粗視化分子動力学による細胞内分子動態の解明	杉田 有治（理化学研究所生命機能科学研究センター）
シミュレーションで探る基礎科学：素粒子の基本法則から元素の生成まで	橋本 省二（高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所）
宇宙の構造形成と進化から惑星表層環境変動までの統一的描像の構築	牧野 淳一郎（神戸大学理学研究科）
大規模データ解析と人工知能技術によるがんの起源と多様性の解明	宮野 悟（東京大学医科学研究所）
脳結合データ解析と機能構造推定に基づくヒトスケール全脳シミュレーション※※	山崎 匡（電気通信大学大学院情報理工学研究科）
核燃焼プラズマ閉じ込め物理の開拓	渡邊 智彦（名古屋大学大学院理学研究科）
領域② 国民の生命・財産を守る取組の強化	
プレジジョンメディスンを加速する創薬ビッグデータ統合システムの推進	奥野 恭史（理化学研究所医科学イノベーションハブ推進プログラム）
防災・減災に資する新時代の大アンサンブル気象・大気環境予測	佐藤 正樹（東京大学大気海洋研究所）
マルチスケール心臓シミュレータと大規模臨床データの革新的統合による心不全パネデミックの克服	久田 俊明（株式会社UT-Heart研究所）
大規模数値シミュレーションによる地震発生から地震動・地盤増幅評価までの統合的予測システムの構築とその社会実装	堀 高峰（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）

令和2年度～4年度の実施課題一覧

課題名	研究代表者（所属 ※2/28現在）
領域③ 産業競争力の強化	
省エネルギー次世代半導体デバイス開発のための量子論マルチシミュレーション	押山 淳（名古屋大学 未来材料・システム研究所）
「富岳」を利用した革新的流体性能予測技術の研究開発	加藤 千幸（東京大学 生産技術研究所革新的シミュレーション研究センター）
航空機フライト試験を代替する近未来型設計技術の先導的実証研究	河合 宗司（東北大学大学院 工学研究科）
次世代二次電池・燃料電池開発によるET革命に向けた計算・データ材料科学研究	館山 佳尚（物質・材料研究機構 エネルギー・環境材料研究拠点）
環境適合型機能性化学品	松林 伸幸（大阪大学 大学院基礎工学研究科）
大規模計算とデータ駆動手法による高性能永久磁石の開発	三宅 隆（産業技術総合研究所 材料・化学領域 機能材料コンピュータショナルデザイン研究センター）
スーパーシミュレーションとAI を連携活用した実機クリーンエネルギーシステムのデジタルツインの構築と活用	吉村 忍（東京大学大学院工学系研究科）
領域④ 研究基盤	
全脳血液循環シミュレーションデータ 科学に基づく個別化医療支援技術の開発 ※※	和田 成生（大阪大学院基礎工学研究科）

バイオ・ライフ…6件(うち2件は計算資源のみ)、地震・気象・防災…2件、工学・ものづくり・エネルギー…4件
物性・材料・化学…5件、素粒子・宇宙…2件

※本事業は令和2年度予算の成立が前提となります
※※計算資源のみ配分