

「エクサスケール・スーパーコンピュータ 開発プロジェクト」の概要

プロジェクトの目的、国として取り組む意義・必要性

目的

第四期科学技術基本計画において、**国家基幹技術として位置づけられている世界最高水準のスーパーコンピュータを国として戦略的に開発・整備**し、科学技術イノベーションに適した環境を創出することで、我が国をとりまく様々な**社会的・科学的課題の解決を先導し、科学技術の振興、産業競争力の強化、安全・安心の国づくり等に貢献**する。

概要

我が国をとりまく様々な社会的・科学的課題の解決を見据え、2020年頃までに、それに要求される**演算性能1エクサフリップス（「京」の約100倍）レベルのスーパーコンピュータ（以下「ポスト「京」という。）を開発・整備**するとともに、**ポスト「京」を最大限活用するためのアプリケーションを開発**する。その際、「京」の開発で培った我が国の技術の継承、システムソフトウェアやアプリケーションの開発、人材育成等の観点で国内開発に利点があることから、**プロセッサ等の中核となる技術については新たに自主開発することを基本方針**とするとともに、迅速な成果創出を図るため**ハードウェアとアプリケーションの協調設計（Co-design）を推進**する。

必要性・国として取り組む意義

- 最先端のスーパーコンピュータは、演算性能が桁レベルで飛躍することで、理論・実験に並ぶ科学技術の第3の手法である**シミュレーション利活用の全く新しい地平を拓き、人類が経験したことのない先端的成果を実現する研究開発基盤**である。また、ものづくり現場や資源・エネルギー問題、防災・減災等の対策においてもシミュレーションの活用が進みつつある中で、**産業競争力の強化や国家の存立基盤の維持という観点からも重要なツール**である。さらに、ますます複雑化する社会的・科学的課題の解決に向けて、異分野や産学官の間を結びつけ統合させていくツールやビッグデータの処理・解析のツールにもなり得るので、**イノベーション創出の観点からも今後ますますその重要性は高まっていく**。
- 国が最先端のスーパーコンピュータを開発することは、**国内産業へ様々な波及効果を及ぼす**のみならず、我が国の存立基盤にも関係する重要技術を国内に維持するという点で**国家の総合的安全保障にも影響する**。我が国は「京」プロジェクトで、高性能なプロセッサやネットワーク、優れた省電力機構等の最先端技術を開発したことで、国全体の産業競争力を強化しただけでなく、技術を生み出す人材を国内で育成・確保し**今なおスーパーコンピュータを自主開発できる能力を保っている**。しかし、**国として最先端のスーパーコンピュータの開発から手を引くことは、国際的な開発競争の中での頭脳流出はもとより、将来のスーパーコンピュータ開発を担う人材の枯渇を引き起こすおそれがある**。
- 国際的にも、国主導の開発・利用が積極的に進められており、米中欧をはじめとして**2020年頃のエクサスケールコンピューティングの実現を見据えて研究開発を進めている**。

以上のように、最先端のスーパーコンピュータは、**国家の競争力の源泉、国力を象徴する技術**であり、さらに2020年頃を目指した開発競争が激化する国際的背景も含め、第四期科学技術基本計画において国家安全保障・基幹技術に位置づけられているところ、**国として本プロジェクトに主導的に取り組む意義・必要性は十分にある**。

自主開発の考え方

最先端スパコンの自主開発で早期の成果創出

- 本プロジェクトでは、演算性能が桁レベルで飛躍しつつ使いやすく成果の出せる最先端スパコンを、消費電力等の境界条件の中で、2020年までに確実に開発・整備する必要がある。米欧中も2020年頃を目指したエクサスケールスパコンの開発を進めており、遅れることは許されない。
- その際、LINPACK以外の成果が不明な海外スパコンを基にした開発や、技術開発の動向をコントロールできないコモディティCPUの海外調達を行うことは、1,000億円規模の国家プロジェクトとしてはリスクが高い。
- 我が国は「京」のシステムとその利用でともに成果を挙げているのに加え、それを創り上げた人材・技術があるので、それらを有効活用することが合理的。
- 最先端スパコンをフル活用して社会的・科学的成果を迅速に創出するためには、自主開発によりハードの中身をブラックボックス化させず、ハード開発とアプリ開発が綿密に情報交換しながら、互いに至適化されたものを作り上げる (Co-design) が必須。特に、今後はCPUに様々な機能が統合されていくトレンドの中では、CPUの中身から開発しなければ、競争力のあるシステムにはならず、世界に先駆けた成果創出は不可能。

自主開発で国家プロジェクトの効果が倍増

- 自主開発による成果の出せるCPUをはじめとするスパコン開発により、下方展開や人材育成等の波及効果が期待でき、国家プロジェクトの効果が倍増。例えば、「京」の自主開発により得た省電力技術・手法は、商用機の展開のみならず、スマートフォンやデジカメ等の身近な製品を含めた半導体設計全般に幅広く応用。
- 我が国は、「京」の自主開発により人材・技術を育成・発展させ、日本と米国のみが有するCPUからの自主開発能力を将来に受け継いだが、ポスト「京」で自主開発から手を引くとなると、頭脳流出等により人材・技術を国内に存続できなくなる。それらを一度失ってしまうと、取り戻すことは事実上不可能と言っても過言ではない。

最先端スパコンは国家安全保障・基幹技術であり自主開発は不可欠

我が国の地球シミュレータ開発が米国のスパコン開発を加速させたように、世界最先端スパコンの自主開発は、科学技術や産業の発展の礎となる先端的成果の迅速な創出と、国としての開発能力を維持することを含めた総合的安全保障の実現に不可欠であり、その能力は国家の存立基盤に大きく影響する。さらに、前人未踏のエクサ級スパコンを世界に先駆けて保有すること自体が、サイエンスの世界だけでなく、様々な面でジャパブランドとなる。

エクサスケールに向けた世界各国の取組

- 各国とも**経済成長、国家安全保障、産業競争力・科学技術力強化に必須**という共通認識の下、HPC関連技術開発を重要政策と位置づけ**国主導**で研究開発を推進。
- エクサスケール**(1エクサ=1000ペタ=100京)コンピューティングの**2020年頃の実現**を見据えて、世界各国において**計画的に**技術開発プロジェクトを活発に実施。



米国

- **HPC法**(1991年制定)の下、国家的投資により計画的にスパコンの開発・利用を推進。
- **2020年頃のエクサスケールシステムの開発・稼働**を目指し研究開発を推進。



EU

- 欧州全体の**PRACE**(2008年～)の枠組みの中で、複数のペタFLOPS級のスパコンを整備。
- **2020年頃のエクサスケール実現**を目指して、ハードとソフトの研究開発を実施中。



中国

- 国家プロジェクトの枠組みに基づき、HPC関連に重点投資。
- CPU等の自主開発を進めるとともに、**2020年頃のエクサスケールシステムの開発**に向けて研究開発を推進。



ロシア

- ロシアやインドにおいてもスパコンの自主開発を含めその整備・利用を積極的に推進。



インド

- 韓国では**HPC法**(2011年制定)の下、超高性能コンピュータを国家レベルで重点育成するための中長期計画を策定。



韓国

開発目標

目標性能：京コンピュータの100倍性能を目指す

アプリケーション実効性能で100倍

	京	ポスト京
性能	10.51 Pflops (Linpack)	エクサスケール
消費電力	12.7 MW(Linpack)	30 ~ 40MW

開発目標達成検証法（設置時）
社会的・科学的課題を解決するために使用されるアプリケーションの中からベンチマークプログラムとして選定し目標性能を検証する

100倍向上するアプリケーション例

医療・創薬	新薬スクリーニングのための分子動力学シミュレーション
総合防災	被害予測のための地震波伝播シミュレーション
基礎科学	量子色力学から原子核・宇宙初期の解明を目指す格子QCD計算

注1：現在概念設計レベルのため、性能および消費電力は今後精査

注2：評価に用いるベンチマーク群はアプリF Sの意見を反映しながら選定する

10～数十倍向上するアプリケーション例

医療・創薬	病気診断に貢献する心臓シミュレーション
総合防災	実時間ゲリラ豪雨予測
グリーンエネルギー創出と環境	デバイス材料の電子状態計算
基礎科学	太陽活動の長期シミュレーション
機器設計(ものづくり)	車体衝突シミュレーション

注3：平成26年7月までに選定ベンチマークプログラム群を用いて概念設計レベルでの性能推定を実施

設計開発基本方針

課題：2020年から運用可能な高い性能電力比と幅広いアプリケーション実行環境を有するエクサスケールマシンの実現

計算機アーキテクチャ基本方針

汎用コアと演算加速コアを有するマシン

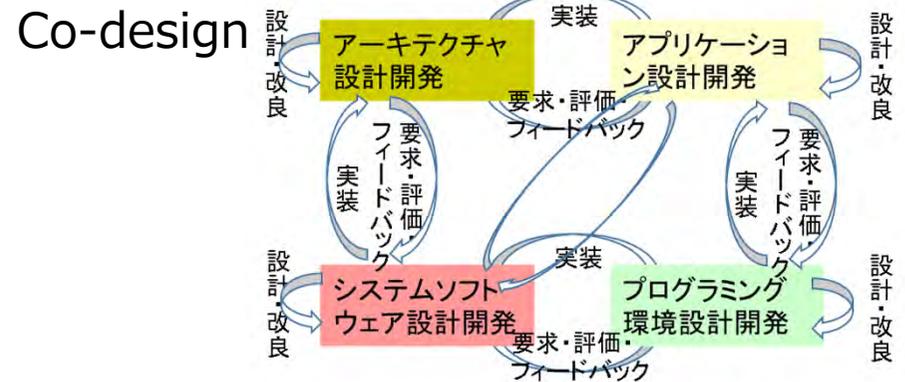
- ✓ 汎用コアでないと性能がだせないアプリ
- ✓ 演算加速コアで性能だせるアプリ
- ✓ 両コアを使って性能がだせるアプリを棲み分け、全電力時間積削減

Co-design (協調設計)

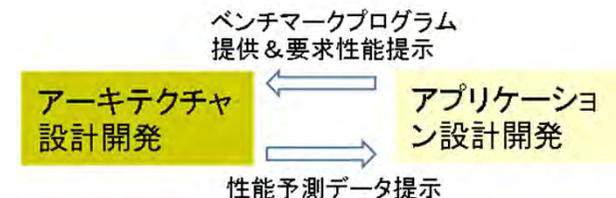
- ✓ アプリケーションプログラムと計算機アーキテクチャの協調設計：演算性能・並列性能
- ✓ アプリケーションプログラムとプログラミング環境の協調設計：記述性・並列性能
- ✓ アプリケーションプログラムとシステムソフトウェアの協調設計：ファイルI/O性能・通信性能
- ✓ プログラミング環境とシステムソフトウェアの協調設計：ファイルI/O機構API・通信機構API
- ✓ 計算機アーキテクチャとシステムソフトウェアの協調設計：ファイルI/O性能・通信性能

プログラミング環境設計基本方針

- ✓ 将来にわたって有効な統一プログラミングモデル、ライブラリ、フレームワークを提供
- ✓ 国際連携によるソフトウェア資産の国際的共有化促進



従来手法



システム設計の基本的考え方

○将来動向

- 高い性能電力比と不規則非構造データ処理もできるCPUとして、汎用コアと演算加速コアが統合されていく。しかし、どのように統合されていくかは今後の研究成果に依存
- ノード単体の演算性能向上に比べ搭載可能メモリ容量はさほど増えない

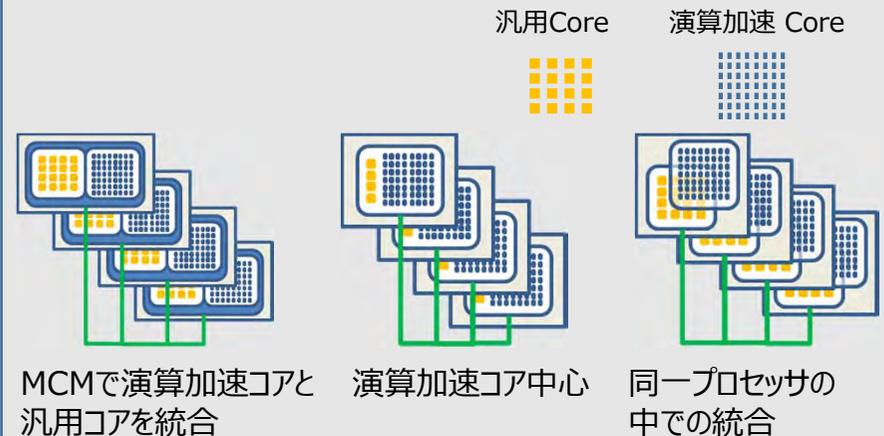
○開発に関する考え方

- システム設計
 - 汎用部（汎用コア）と演算加速部（演算加速コア）を有するマシン**
 - 汎用コアでないと性能がだせないアプリケーション、演算加速コアで性能だせるアプリケーション、両コアを使って性能がだせるアプリケーションを棲み分け、全電力時間積削減
- 将来にわたって有効な統一プログラミングモデル、ライブラリ、フレームワークを提供
- 早期成果創出のためにキラーアプリケーションの同時開発を通してシステム設計に反映

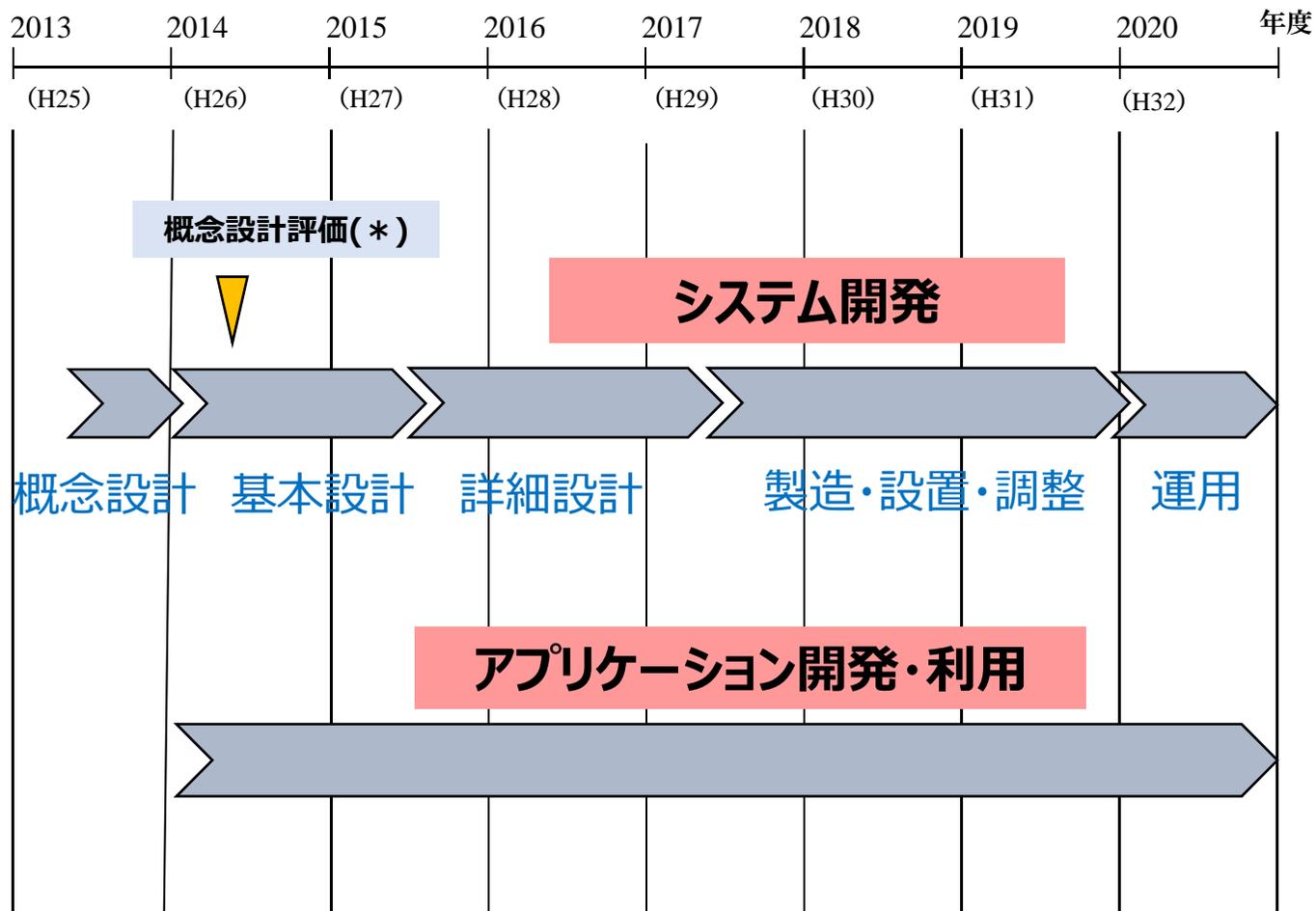
	汎用コア (Server)	演算加速コア (GPU, SIMD)
データ構造	不規則・非構造	規則構造
性能電力比	低 Ex. 4.27GF/W, 22nm	高 Ex. 7GF/W, 28nm
メモリ階層の現状	キャッシュと主メモリ	GPU側とホスト側メモリ

将来マシンイメージ群

- 汎用コア、演算加速コア、ネットワークが統合されていく
- 統合方法および搭載メモリ容量とメモリバンド幅は、実装技術によって変わっていく
- 3D実装可能メモリ容量以上が必要な場合、低速メモリが導入される



想定されるポスト「京」システム工程表



(*)引き続き基本設計や詳細設計が終了した段階で文部科学省等の評価を受けることによりプロジェクトの検証を行う。

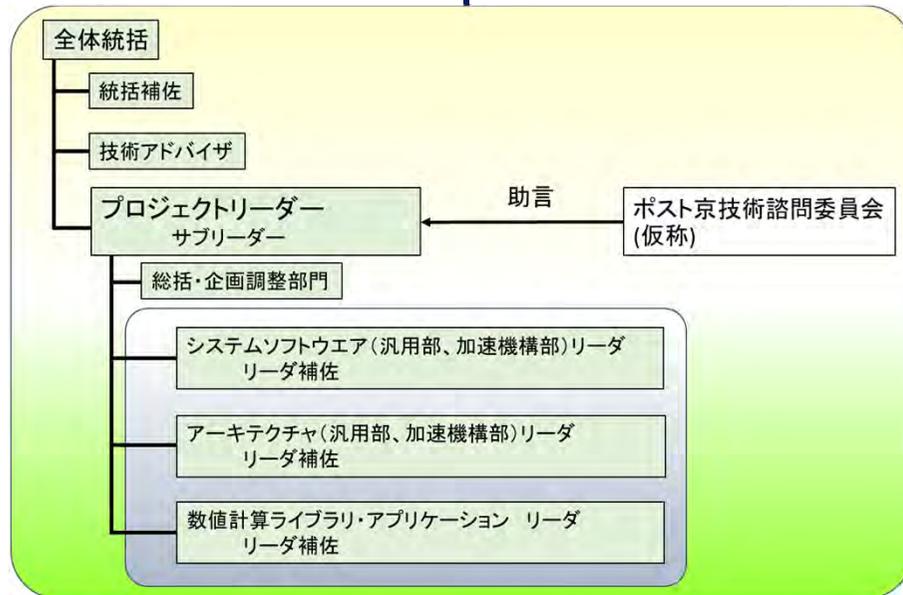
マネジメント体制(開発推進体制)

開発推進体制

文部科学省

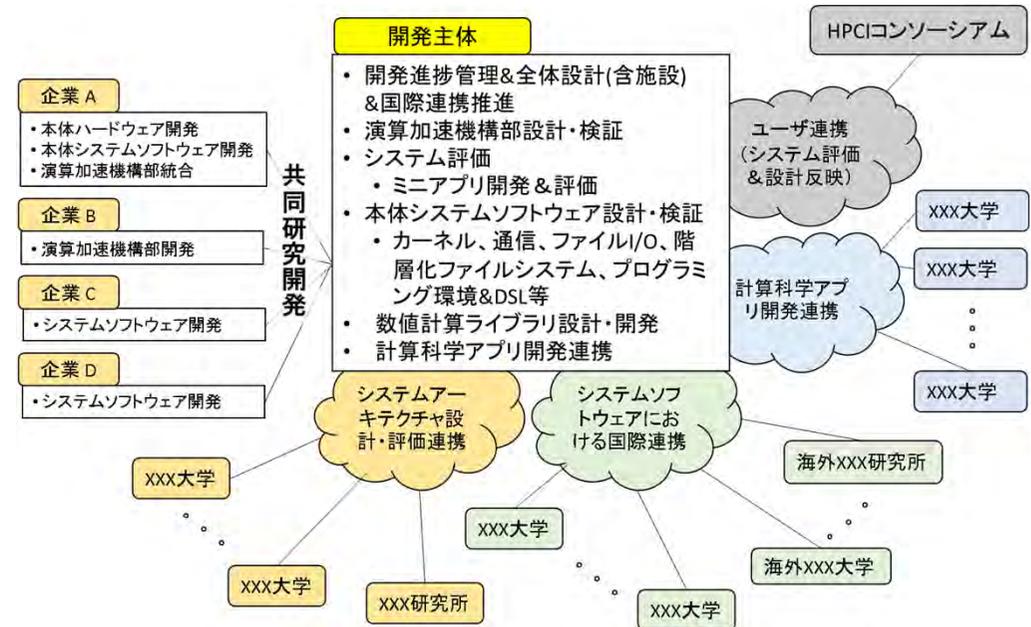
HPCI計画推進委員会

開発主体



- プロジェクトリーダーが権限と責任をもって開発全体のマネジメントを遂行する。

外部機関との連携体制



- 企業・大学を含むAll Japan体制
- システムソフトウェア開発における国際連携推進
- アプリケーション開発も並行に進め、co-design

